

INFORMACIÓN Y ACTUALIDAD ASTRONÓMICA

<http://www-revista.iaa.es/>

FEBRERO DE 2014, NÚMERO 42

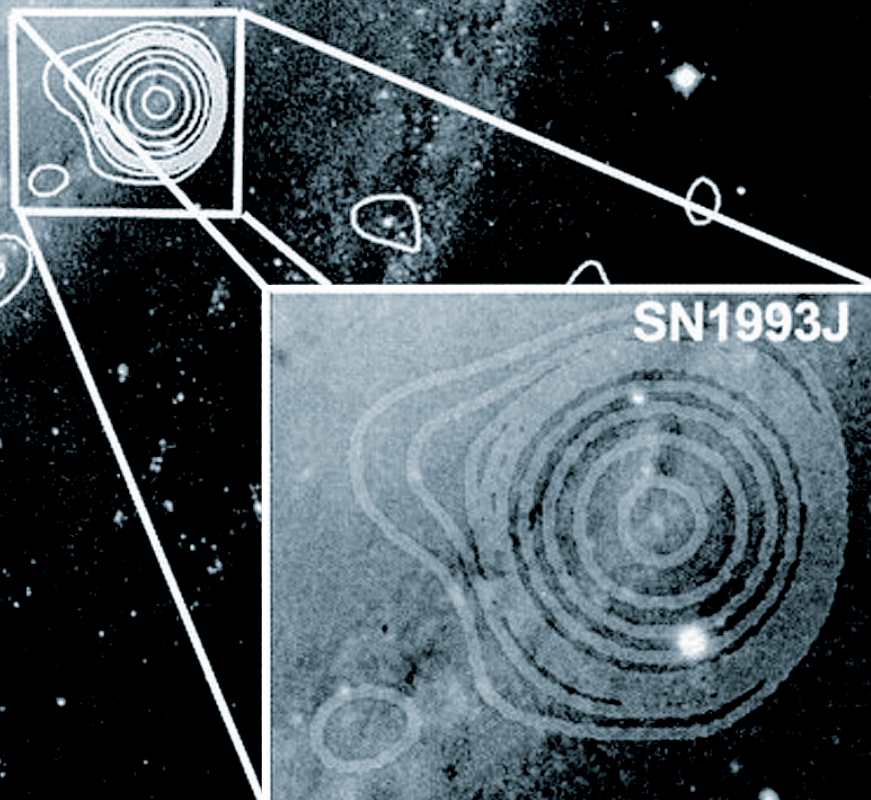
M81 y SN1993J

Una colaboración astrofísica muy fructífera

Baade y Zwicky: la extraña pareja

Rayos cósmicos

El cometa ISON



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

<http://www.iaa.es>

Directora: Silbia López de Lacalle. Comité de redacción: Antxon Alberdi, Carlos Barceló, René Duffard, Emilio J. García, Pedro J. Gutiérrez, Susana Martín-Ruiz, Enrique Pérez-Montero, Pablo Santos y Montserrat Villar. Edición, diseño y maquetación: Silbia López de Lacalle.

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en este ejemplar citando como fuente "IAA: Información y Actualidad Astronómica" y al autor o autores.

Instituto de Astrofísica de Andalucía

c/ Camino Bajo de Huétor 50, 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es

Depósito legal: GR-605/2000

ISSN: 1576-5598

SUMARIO

REPORTAJES

SN 1993J y M81*: la historia de una colaboración astrofísica muy fructífera ...3

Llovizna cósmica ...7

Walter Baade y Fritz Zwicky: la extraña pareja ...8

CIENCIA EN HISTORIAS... El *lobotomóvil*... 11

DECONSTRUCCIÓN Y otros ENSAYOS. El cometa ISON ...12

EL "MOBY DICK" DE... Alberto Fernández Soto (IFCA-CSIC)...14

ACTUALIDAD ...15

SALA LIMPIA ...21

CIENCIA: PILARES E INCERTIDUMBRES. Cometas ...22

SN 1993J y M81*

EL SEGUIMIENTO DE LA
SUPERNOVA SN 1993J
NOS HA PERMITIDO
OBTENER VALIOSA
INFORMACIÓN SOBRE
M81, LA GALAXIA QUE
LA ALBERGA

Por Antxon Alberdi (IAA-CSIC)

La historia de una colaboración astrofísica muy fructífera

LOS EXPERIMENTOS EN ASTROFÍSICA SIEMPRE OFRECEN MÁS DE LO QUE UNO SE PROPONE, llegando en algunos casos excepcionales a proporcionar descubrimientos inesperados u otros hallazgos fortuitos que complementan los objetivos científicos previstos. Sin embargo, esto no debe llevarnos a engaño: como bien indicaba Andy Fabian en un artículo del año 2009, la carambola en ciencia, en general, y en astrofísica, en particular, no existe. Realizar nuevos descubrimientos en astrofísica requiere la realización de observaciones bien diseñadas y un buen conocimiento del cielo, del universo, de los fenómenos cósmicos o de la física, de manera que un resultado pueda identificarse inequívocamente como novedoso. Fabian recurría a Pasteur para resaltar que *chance favours the prepared minds* (la suerte favorece a las mentes preparadas), insistiendo en el hecho de que los resultados novedosos pueden surgir de la suerte, ¡pero fundamentalmente de un conocimiento profundo de la ciencia que subyace a una investigación! En cualquier caso, los resultados inesperados siguen estando presentes en la astrofísica. Si recurrimos a la base de datos del ADS (*Astrophysics Data System**), durante el año 2013 se publicaron hasta dieciocho artículos incluyendo en su título la palabra *serendipity* (traducible como “carambola” o “hallazgo fortuito”) o algunas de sus palabras derivadas, cubriendo temas tan diferentes como el descubrimiento de nuevos objetos en el cinturón de Kuiper o el estudio de la región de eyección de un chorro relativista en una galaxia activa a través de observaciones contemporáneas de ALMA y FERMI. Sí que resulta des-

tacable que estos hallazgos van unidos como norma general a la utilización de instrumentación de vanguardia o a la explotación “al límite” de las capacidades de la instrumentación disponible.

Sirva esta pequeña reflexión para introducir el tema de este artículo. La detección de una supernova tiene de por sí algo de casual. El hecho de que además sea intensa en ondas de radio y esté lo suficientemente cerca para estudiarla con gran resolución angular, la hace todavía más particular. Es el caso de SN 1993J, una radio supernova muy intensa, muy próxima y que estalló a una distancia de 2.8 minutos de arco del núcleo de M81. Se trata de un objeto perfecto para estudiar con gran detalle su evolución temporal, tanto en su morfología y tamaño angular como en su emisión de energía (o densidad de flujo). Por ello, iniciamos un trabajo de investigación dedicado al estudio pormenorizado de la expansión angular de la supernova SN 1993J utilizando la técnica de VLBI y realizando observaciones de referencia de fase con respecto al agujero negro supermasivo situado en el corazón de M81 (de ahora en adelante, M81*). Y hemos obtenido resultados muy interesantes, tal y como detallamos en este artículo. Pero además, tras cerca de veinte años de seguimiento, ese trabajo ha generado un producto adicional: un estudio astrométrico de alta precisión del chorro relativista que emana de M81* utilizando en este caso SN 1993J como fuente de referencia. Y ha proporcionado evidencias sólidas de la existencia de precesión -o de movimiento asociado con el cambio de dirección del eje- en el chorro relativista. ¡Es la historia de una colaboración astrofísica muy fructífera!

* <http://www.adsabs.harvard.edu/>

Hitos de la expansión angular de SN 1993J

Una explosión de supernova se produce debido al agotamiento del combustible nuclear en una estrella masiva (de más de ocho masas solares), lo que causa que las capas externas de la estrella se derrumben sobre el núcleo y que posteriormente “reboten”. Así se produce una situación en la que dos medios viajan a distintas velocidades (el material expulsado en la explosión y el viento de la estrella anterior a esta) y chocan entre sí, acelerando las

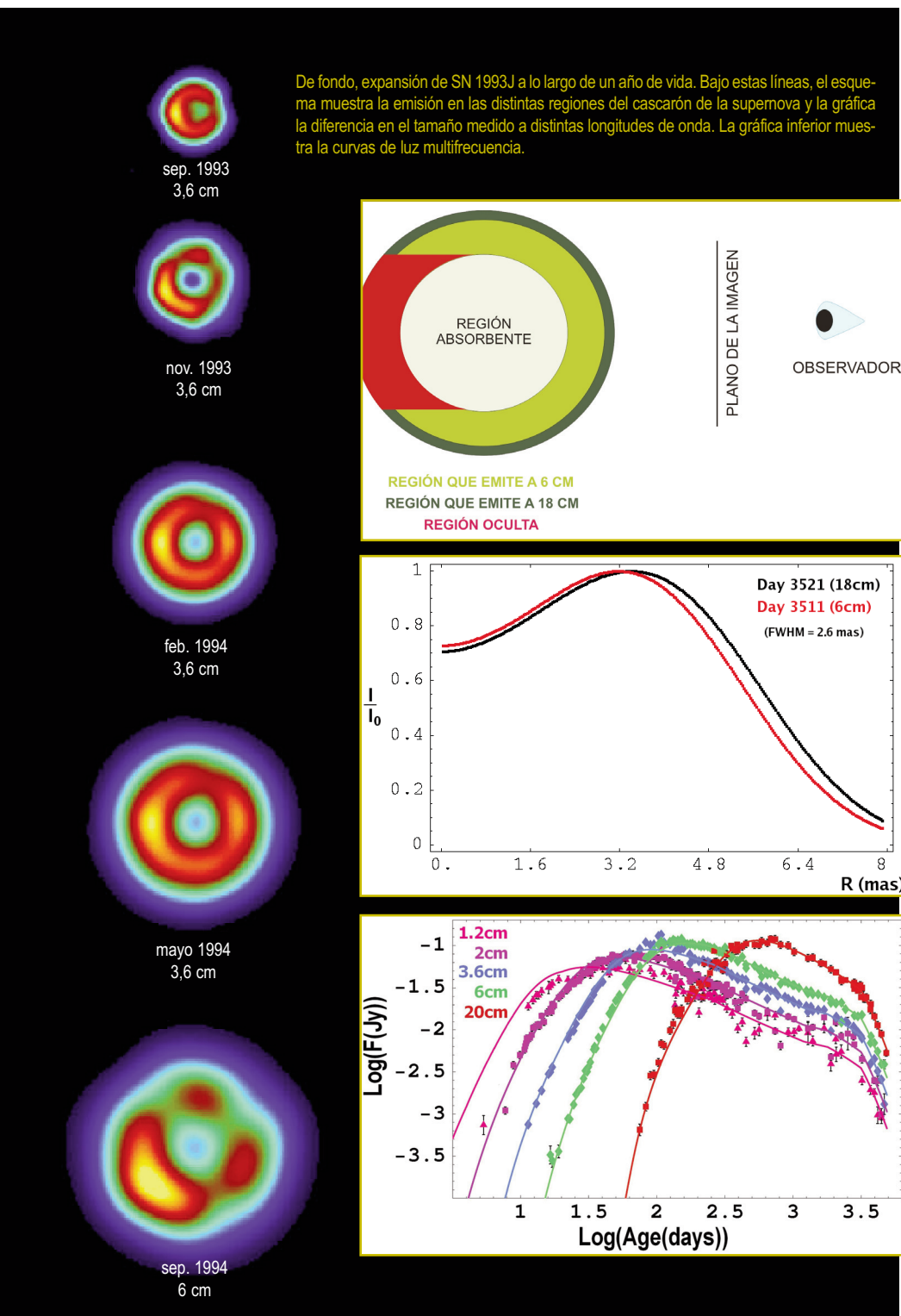
partículas hasta velocidades próximas a la de la luz y aumentando el campo magnético. Como producto de estos dos últimos factores se genera radiación sincrotrón, que observamos en ondas de radio.

Durante los últimos veinte años, nuestro grupo de investigación ha monitorizado con gran resolución angular la estructura de la radio supernova SN 1993J utilizando la técnica de interferometría de muy larga base. Como primer resultado de las obser-

vaciones comprobamos que, desde tan solo doscientos treinta y nueve días después de su explosión, presentaba una estructura de tipo “shell” o “cáscara esférica”, resultado de la interacción o choque del material eyectado en la explosión con el medio circumestelar proveniente del viento pre-supernova. Este tipo de estructura había sido ya prevista teóricamente por diversos autores, pero no se había mostrado observacionalmente para una radiosupernova joven. A lo largo de casi veinte años de vida, SN 1993J ha mantenido una expansión esférica casi perfecta, y las imágenes muestran desviaciones de la circularidad mínimas, del orden del 2% del radio externo de la supernova. Se ha podido medir también con gran precisión la anchura de la región de emisión, que es del orden del 30% del radio externo, más ancha de lo que predecían los modelos teóricos.

Distintas velocidades de expansión

¿Qué podemos decir de la velocidad de expansión? Con datos tomados a lo largo del primer año de vida pudimos mostrar que la supernova se encontraba en expansión cuasi-libre, y posteriormente demostramos que, a partir de una cierta edad, la expansión fue decelerándose. El cascarón de material que rodea lo que fue el núcleo de la estrella presenta temperaturas cada vez más bajas conforme va expandiéndose y, por tanto, las capas de material emiten la mayor parte de su energía en longitudes de onda cada vez mayores según nos alejamos del núcleo (ver gráfica superior). Así, la radiación que detectamos en radio a dieciocho centímetros procede de una región del cascarón más externa que la que observamos a 3,6 o seis centímetros. Las regiones internas al cascarón, formadas por material eyectado no-chocado incluyendo el que debe albergar el remanente estelar (posiblemente un púlsar) permanecieron al principio totalmente oscuras debido a la alta densidad de material y, al expandirse el cascarón con el tiempo, fueron ganando transparencia. Así, al principio solo fuimos capaces de observar la región del cascarón de gas más próxima al observador, y esto puede producir sesgos en las medidas. Por ejemplo, mientras que el ritmo de deceleración del material más externo (observado a dieciocho centímetros) permaneció constante, el ritmo de deceleración del material inmediatamente interior (a seis centímetros) mostró una deceleración más marcada. Este incremento en la deceleración lo hemos interpretado como una combinación de efectos físicos, fundamentalmente



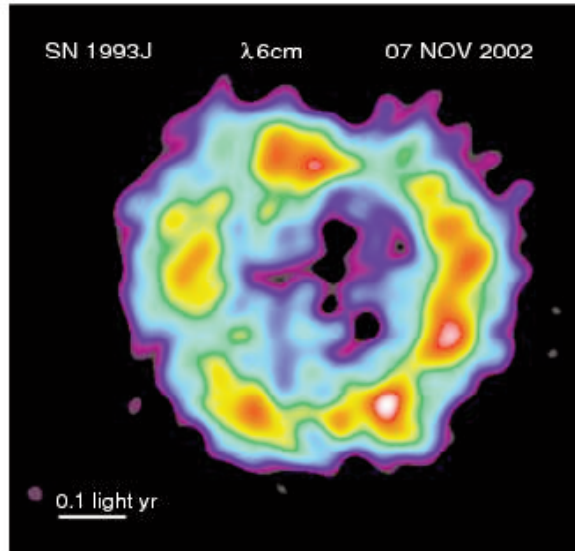
la disminución de la opacidad del material eyectado a las longitudes de onda más cortas, que hace que sea parcialmente transparente a estas frecuencias. A este fenómeno lo hemos bautizado como *opacity lifting* (alzamiento de la opacidad), y nos explica que la región del cascarón más alejada del observador vaya contribuyendo progresivamente a la emisión. Otros datos observacionales de los que disponemos son las curvas de luz multifrecuencia. Sería muy interesante desde el punto de vista físico ser capaz de modelar simultáneamente las curvas de expansión y las curvas de luz. Y así lo hemos hecho. Para ello, hemos desarrollado un código numérico que es capaz de reproducir todos los datos observacionales. El modelo no solo escala todas las variables hidrodinámicas en cuanto a la interacción entre la materia eyectada en la explosión y el medio circumestelar, sino que también tiene en cuenta que la población de electrones, responsable de la emisión sincrotrón, evoluciona con el tiempo y depende tanto de la inyección continua de partículas en el frente de choque de la radiosupernova como de las pérdidas por expansión y radiación. Igualmente, el modelo considera el efecto que hemos denominado *opacity lifting*. Este código

numérico ha permitido determinar los parámetros que caracterizan la física de la radiosupernova: un campo magnético

reproducen de forma muy adecuada. También debemos resaltar la caída brusca de las curvas de luz a partir de una edad de unos tres mil cien días. Indican claramente una variación en las condiciones físicas del medio que está interactuando con la eyecta de la supernova. Podría interpretarse físicamente considerando que el frente de choque de la supernova ha sobrepasado el borde exterior del medio circumestelar y se está enfrentando con el medio interestelar. Estaríamos, en dicho caso, siendo testigos de la transición de una radio supernova a un remanente de supernova, convirtiéndose progresivamente en una fuente radio muy silenciosa.

Finalmente, es importante mencionar que -al contrario de lo

que sucede con otras radio supernovas, como SN 1986J- no se ha detectado hasta el momento ninguna fuente en el centro de SN 1993J. Un fortalecimiento de la emisión en la región central marcaría la aparición de un viento nebular asociado con un remanente estelar, probablemente un púlsar, como sucede en otros remanentes de supernova. Dicha fuente se haría visible una vez que disminuyera sustancialmente la opacidad de las regiones centrales.



de 65.1 ± 1.6 gauss y una densidad de partículas de $6 \pm 0.9 \times 10^8$ partículas por cm^3 tan solo cinco días después de la explosión; una temperatura máxima para los electrones del medio circumestelar de $2.0 \pm 0.1 \times 10^6$ grados kelvin; o la fracción de electrones acelerados a velocidades relativistas, que es del orden de $5 \pm 0.5 \times 10^{-5}$, entre otras propiedades. Como pueden verse en las figuras que acompañan este artículo, tanto las curvas de luz como la curva de expansión se

Descubrimiento de precesión en el chorro relativista de M81*

Una de las grandes aportaciones de la interferometría en radio es la gran precisión astrométrica que proporciona. Redes como el *European VLBI Network* (EVN) o el *Very Long Baseline Array* (VLBA) alcanzan una precisión astrométrica del orden de los diez microsegundos de arco. Gracias a la astrometría en radio de alta precisión han podido determinarse medidas geométricas de la distancia a regiones de formación estelar en la Vía Láctea, a galaxias cercanas y a galaxias a distancias cosmológicas con enorme precisión.

Hemos utilizado las capacidades astrométricas de las técnicas interferométricas para estudiar M81*. Es un núcleo activo de galaxia de baja luminosidad, con una masa estimada para el agujero negro de setenta millones de masas solares. A la distancia a la que se encuentra, un tamaño angular de un milise-

gundo de arco (resolución angular que ofrecen las redes interferométricas de muy larga base) corresponde a diecinueve días luz, que se corresponde con tres mil veces el tamaño de la última órbita estable de material cayendo hacia el motor central de M81. A lo largo de los últimos veinte años hemos observado

M81* como fuente de referencia para SN 1993J, lo que nos ha permitido hacer un seguimiento de su estructura a diversas frecuencias. Desde longitudes de onda de 3,6 hasta los dieciocho centímetros, presenta una estructura típica núcleo-chorro, tal y como puede verse en la imagen de la página siguiente.

Al igual que ocurre con el cascarón de la supernova, en el que vemos una región u otra dependiendo de la longitud de onda a la que observemos, es bien conocido que la posición del núcleo del chorro relativista de una galaxia activa depende de la frecuencia, de modo que se encuentra más cerca del origen del chorro a las frecuencias más altas. Este fenómeno se conoce con el nombre de *core shift* (desplazamiento del núcleo -imagen izda.-). Este desplazamiento depende del campo magnético, de la densidad de partículas y de la forma en que evo-

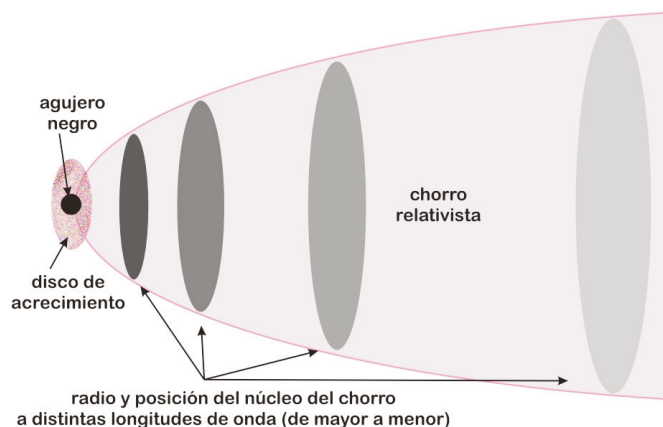
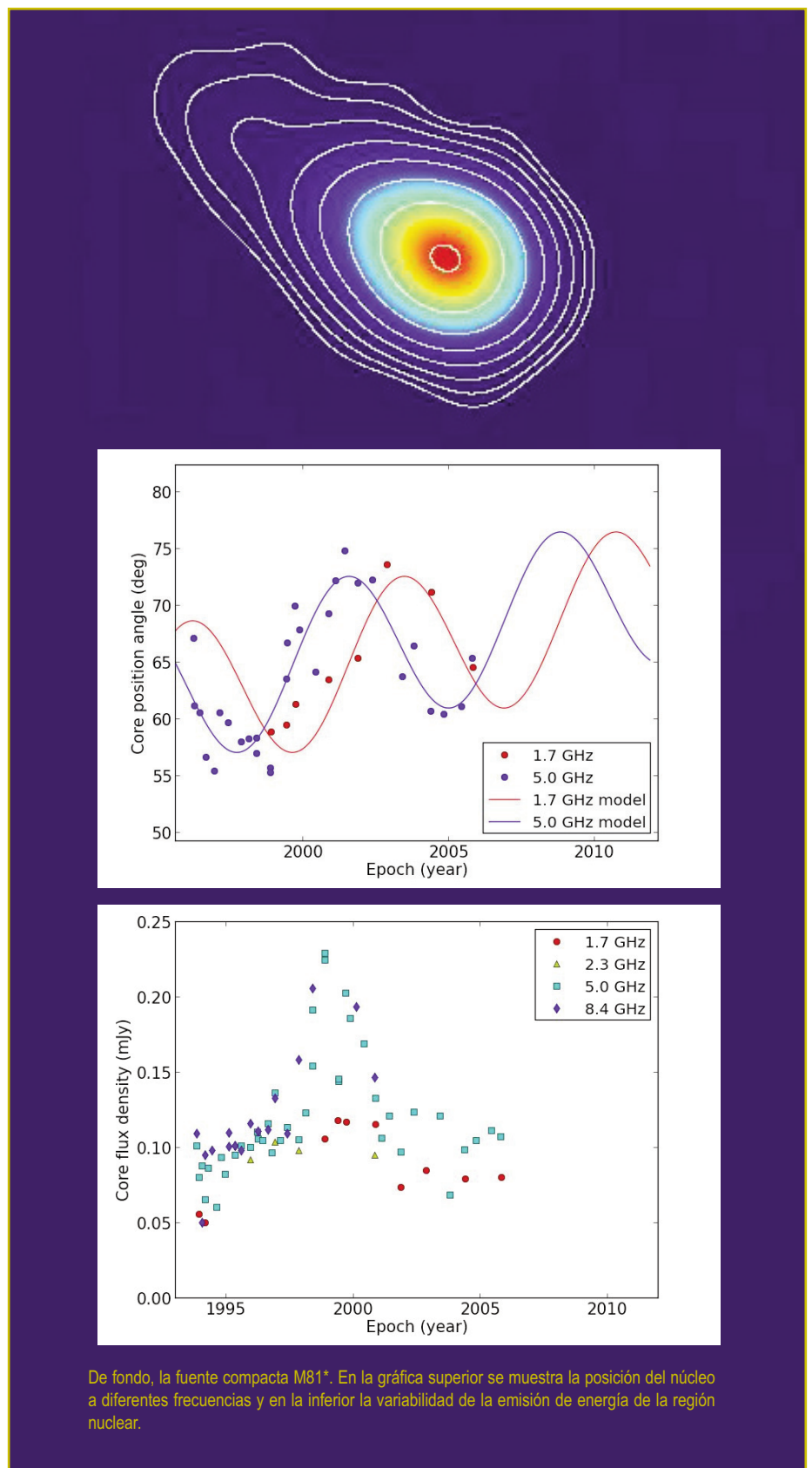


Ilustración de cómo varía la posición del núcleo de un chorro relativista en función de la longitud de onda.

lucionan a lo largo del chorro relativista, de modo que determinando de forma precisa este valor obtenemos información sobre la física de los chorros relativistas. Pero hay que determinar este factor con gran precisión. En los típicos experimentos de interferometría utilizamos la técnica de referencia de fase, que consiste en emplear una fuente intensa, compacta y próxima para fijar los observables que aplicaremos a la fuente que queremos conocer; pero resulta muy difícil desacoplar el efecto de desplazamiento del núcleo entre el calibrador y el objeto de estudio porque está presente en ambos objetos. Sin embargo, la situación es mucho más favorable para M81*. Si le damos la vuelta a nuestro experimento y pasamos a utilizar SN 1993J como fuente de referencia de fase para M81*, disfrutamos de la gran ventaja de que la radio emisión de una supernova a partir de una cierta edad no sufre este efecto. De este modo, el centro de SN 1993J se convierte en la referencia astrométrica perfecta y proporciona la oportunidad única de estudiar la cinemática absoluta del chorro de M81* y el efecto de desplazamiento del núcleo en gran detalle.

Mediante nuestras observaciones hemos podido determinar este efecto, que equivale a 0,1 años luz por gigahercio: es decir, la posición del núcleo se desplaza un año luz hacia el interior del chorro relativista conforme aumentamos la frecuencia de observación en diez gigahercios. A partir de esta medida obtenemos valores para la magnitud del campo magnético del chorro relativista (del orden de las decenas de miliGauss en las regiones observadas) e incluso una cota para la masa del agujero negro central, que ha resultado ser de 2×10^7 masas solares, en buen acuerdo con los valores obtenidos a partir de la cinemática del gas en las regiones nucleares y de la dispersión de velocidades de las estrellas del bulbo.

Gracias a la gran precisión astrométrica hemos podido determinar tanto la posición absoluta del pico de brillo como el ángulo de posición del núcleo compacto de M81* a diversas frecuencias (gráfica superior), y puede observarse que siguen variaciones sistemáticas y relacionadas entre sí. Simultáneamente, hemos determinado la variabilidad en la emisión de energía (o flujo) de la región nuclear. Los resultados pueden verse en la gráfica inferior: la densidad de flujo del núcleo de M81* experimenta una subida brusca, que dura unos cuatro años, para volver posteriormente a los valores iniciales. Pero lo más interesante reside en que ambos fenómenos están interrelacionados entre sí: conforme



De fondo, la fuente compacta M81*. En la gráfica superior se muestra la posición del núcleo a diferentes frecuencias y en la inferior la variabilidad de la emisión de energía de la región nuclear.

el flujo del núcleo aumenta, el ángulo de posición del núcleo va incrementándose a todas las frecuencias, lo que sugiere que la variabilidad de flujo está asociada con cambios en la geometría del chorro relativista. Hemos interpretado este resultado como una evidencia de precesión en el chorro relativista, o movimiento del eje del chorro. Es un resultado muy interesante, que necesitará confirmarse. La existencia de oscilaciones en el ángulo de posición de los núcleos de los chorros

relativistas ya ha sido previamente reportada también para otras galaxias activas. Y la explicación que se ha dado en la literatura especializada es que corresponden a un chorro cónico, en el que las diversas componentes no ocupan toda la sección del chorro sino que son estructuras similares a cintas o hélices de plasma que se enroscan en el flujo cónico. Serían la consecuencia natural de la presencia de inestabilidades hidrodinámicas en el plasma relativista.

Llovizna cósmica

PEDAZOS MINÚSCULOS DE MATERIA QUE VIAJAN CASI A LA VELOCIDAD DE LA LUZ CHOCAN CON LA ATMÓSFERA, SE DESCOMPONEN Y, LITERALMENTE, NOS ATRAVIESAN

Por Silbia López de Lacalle (IAA-CSIC)

PARA CONOCER UN POCO MEJOR A ESTOS INOFENSIVOS ATACANTES, DENOMINADOS RAYOS CÓSMICOS, tenemos que remontarnos a principios del siglo pasado: el físico neozelandés Ernest Rutherford se hallaba inmerso en sus investigaciones sobre el fenómeno de la ionización, o proceso por el que un átomo, al perder un electrón, adquiere carga positiva. Rutherford descubrió que, incluso dentro de una caja de cinco toneladas de plomo, se producían unos seis iones por segundo por cada centímetro cúbico: algo tremendamente penetrante tenía que llegar desde fuera y arrancar los electrones de los átomos.

Al principio se pensó que esa “radiación ionizante” provenía del propio planeta Tierra, hipótesis que se creyó cierta al tomar medidas desde lugares muy altos, como la torre Eiffel, donde se comprobó que el número de iones disminuía. Sin embargo, el físico Víctor Hess y sus experimentos desde un globo aerostático desvelaron una realidad más compleja: tras la disminución inicial anteriormente medida, se registraba un aumento espectacular en el número de iones, hasta superar los ochenta por centímetro cúbico. Se descartó el origen terrestre de estas partículas y, ya que venían del cielo, comenzaron las investigaciones para averiguar con exactitud de dónde. Esto provocó una nueva conmoción, ya que los rayos cósmicos no provenían de ninguna dirección particular, sino que llegaban de todas las partes del cielo. Si estaban tan esparcidos, el origen debía hallarse a enormes distancias, mucho más allá de los confines del Sistema Solar -de hecho, se encuentran esparcidos por toda la Galaxia-. Quedaba, sin embargo, una última sorpresa, que incluso pondría en entredicho el bonito nombre asignado. Los rayos cósmicos no son, en realidad, un tipo de radiación (como los rayos X, la luz visible o el infrarrojo), sino pedacitos de materia ordinaria que experimentan una aceleración tan grande que los convierte en las partículas más velo-

ces del universo: se trata de núcleos de átomos, sobre todo de hidrógeno, y algunos electrones que, al estar eléctricamente cargados, son desviados por los diversos campos magnéticos existentes en nuestra Galaxia. Imaginemos que los rayos cósmicos son virutas de metal pululando en un espacio salpicado de imanes: el recorrido de las virutas variará tanto que resultará impo-



Víctor Heiss.

sible reconstruir su trayectoria. De ahí que parezca que provienen de todas partes y que su origen sea tan difícil de determinar.

Tipos de rayos y orígenes

Tras su descubrimiento, y ante la carencia de aceleradores de partículas potentes, los rayos cósmicos fueron estudiados como una fuente de partículas. Gracias a ellos se descubrieron partículas subatómicas como los positrones o muones y, aunque estas aplicaciones continúan, hoy día la investigación se centra en averiguar su origen, el motivo de su aceleración y sus efectos en la Galaxia.

Los rayos cósmicos más comunes, que proceden del Sol y se conocen globalmente como viento solar, se producen durante los fenómenos propios de la actividad solar (erupciones o eyecciones de masa coronal) y se caracterizan por su baja energía. En segundo lugar encontramos los rayos cósmicos de energía media, también bastante comunes aunque con un origen mucho más distante: este tipo de partículas se asocia con las explosiones de supernova, en las que las estrellas expulsan al medio gran parte de su masa; así, los núcleos atómicos podrían ser acelerados bien por la propia explosión o por las ondas de choque generadas por la misma.

La clasificación termina con los rayos cósmicos ultra energéticos, muy escasos (a una media de uno por kilómetro cuadrado por siglo) pero capaces de avergonzar a los mejores aceleradores de partículas construidos por el hombre. La energía de los rayos cósmicos se mide en electronvoltios y, si bien los de baja energía apenas llegan al millón y los de media pueden alcanzar los mil billones -un uno seguido de quince ceros-, los ultraenergéticos han llegado a precisar de veintidós ceros. Los rayos cósmicos de esta magnitud, denominados primarios, chocan con las partículas de la atmósfera terrestre y producen varias partículas secundarias, que a su vez generan una cascada de colisiones de partículas secundarias y lluvias de millones de fragmentos que pueden abarcar varios kilómetros cuadrados y penetrar hasta un kilómetro de profundidad bajo la superficie terrestre.

La velocidad de los rayos cósmicos ultraenergéticos, que puede superar el 99% de la velocidad de la luz, resta efectividad a los campos magnéticos y las trayectorias apenas experimentan cambios. No obstante, llegan con tan poca frecuencia a la Tierra que su origen aún levanta controversia.

Para revelar el origen de estas partículas, el observatorio Pierre Auger, que abarca tres mil kilómetros cuadrados sobre la provincia de Mendoza (Argentina), lleva registrando rayos cósmicos desde 2004. Aunque en 2007 los datos de Auger produjeron un resultado que parecía enlazar la distribución de los rayos cósmicos ultraenergéticos con los núcleos activos de galaxias (AGN) cercanos, al recabar más datos los investigadores concluyeron que las observaciones son compatibles con una distribución isotrópica de estas partículas -nuevamente, pueden proceder de todas partes-, de modo que el enigma de su origen sigue abierto.

Walter Baade y Fritz Zwicky: la extraña pareja

EN ASTROFÍSICA, SON MUY POCOS LOS TRABAJOS QUE PRESENTAN AL MISMO TIEMPO TANTOS CONCEPTOS NUEVOS – O INCLUSO REVOLUCIONARIOS– QUE DAN CON LA SOLUCIÓN A PROBLEMAS LARGO TIEMPO PLANTEADOS

Por Miguel Ángel Pérez-Torres (IAA-CSIC)

Si el director de cine Gene Saks hubiera decidido hacer una versión protagonizada por científicos de la excelente comedia *La extraña pareja* (1968), sin duda habría escogido a Walter Baade en el papel de Félix (Jack Lemmon) y a Fritz Zwicky para el de Óscar (Walter Matthau). Fritz Zwicky (Bulgaria 1898 - EE.UU. 1974), físico especialista en materia condensada, llegó al Instituto de Tecnología de California (el famoso CalTech), en los años veinte del siglo pasado, procedente de Suiza, donde se crió y cursó estudios universitarios. Era brillante y polifacético, pero su corrosiva y neurótica personalidad, así como su arrogancia sin límites, lo convirtieron en poco más que un bufón para muchos de sus colegas de CalTech. En una ocasión, en el colmo de la arrogancia, Zwicky llegó a afirmar que él y Galileo eran las dos únicas personas que sabían utilizar correctamente un telescopio. Un ejemplo de su bufonería neurótica se relacionaba con su fanatismo por el deporte. No era raro encontrarlo en el suelo del recibidor del comedor de CalTech haciendo flexiones con un solo brazo, demostrando así su virilidad ante cualquiera que, en opinión de Zwicky, la



Walter Baade.

hubiera puesto en duda. Asimismo, era tan agresivo, y sus modales tan intimidatorios, que incluso su colaborador más cercano, Walter Baade (Alemania 1893-1960), el otro protagonista de este artículo, y que tenía una personalidad tranquila, llegó a negarse a que lo dejaran solo con Zwicky entre las cuatro paredes de un despacho. En un más que probable acceso de paranoia, Zwicky llegó a acusar a Baade de ser nazi, lo cual era completamente falso. Y, al menos en una ocasión, Zwicky amenazó con matar a Baade, que trabajaba en el observatorio de Mount Wilson, colina arriba de Caltech, si alguna vez lo veía en el campus de CalTech. En fin, Zwicky era un científico que la mayoría no querría tener como compañero

de despacho, pero cuya brillantez y colaboración con Baade iban a resultar fundamentales para explicar la aparición de unas novas extremadamente brillantes, y que habían traído de cabeza a los astrónomos durante décadas.

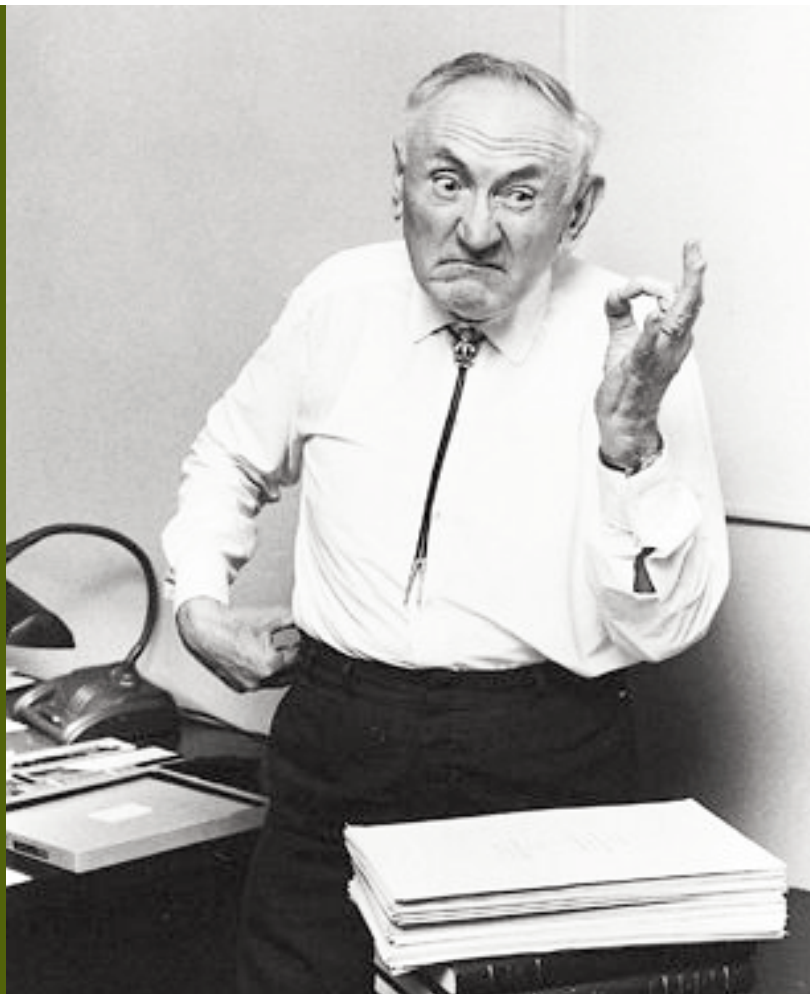
El origen del término “supernova”

En marzo de 1934, hace ahora ochenta años, Baade y Zwicky enviaron dos comunicaciones a la Academia de Ciencias de los Estados Unidos que marcarían un antes y un después en Astrofísica. En la primera de esas comunicaciones, titulada *On Supernovae* (1), los autores proponían la existencia de un nuevo tipo de estrellas “nova”, las “super-novas”. Las novas, estrellas que aumentan su brillo enormemente durante

periodos típicos de días o semanas, eran conocidas al menos desde el siglo anterior, y quizá por ello habían dejado de llamar la atención de los astrónomos. La aparición de una nova excepcionalmente brillante en la nebulosa de Andrómeda, en 1885, renovó el interés de los científicos por las novas. Sin embargo, nadie había propuesto una explicación satisfactoria a fenómenos como el de la nova del año 1885. En su tra-

Zwicky también estimaron que la estrella tuvo que perder una fracción significativa de su masa inicial, incluso varias veces la masa del Sol. La conclusión principal del trabajo era que las supernovas representaban la transición de una estrella ordinaria a un objeto con una masa mucho menor. Aunque expresada con ciertas reservas, ya que la presencia de objetos como la supernova de 1885 en Andrómeda era todavía

astrofísico Lemaître, padre del modelo cosmológico que lleva su nombre, sostenía que los rayos cósmicos bien se originaban en el espacio intergaláctico o bien eran reminiscencias de una época del universo en la que las condiciones físicas fueron completamente distintas a las actuales. En ambos casos había que suponer la existencia de extraños, si no fantásticos, procesos de creación de los rayos cósmicos.



Fritz Zwicky.

bajo, Baade y Zwicky sugerían que las super-novas constituían un fenómeno general en las nebulosas (en aquella época el término galaxias no estaba todavía asentado, y se continuaba hablando de nebulosas o universos-isla). Además, estas supernovas ocurrirían con mucha menor frecuencia que las novas, de ahí que se hubieran descubierto tan pocas. Baade y Zwicky utilizaron como patrón el objeto descubierto en 1885 en la galaxia de Andrómeda, y calcularon que su luminosidad máxima debió ser unas setenta millones de veces la del Sol, compitiendo así con la luminosidad total de una galaxia. Posiblemente, esta colosal luminosidad fue decisiva para que Baade y Zwicky propusieran el nombre de super-novas. Baade y

muy escasa, la hipótesis de Baade y Zwicky se vio plenamente confirmada por observaciones y estudios posteriores.

Rayos cósmicos

En la segunda comunicación, titulada explícitamente *Cosmic Rays From Super-Novae*, Baade y Zwicky sugerían que los rayos cósmicos se producían en las supernovas (¡cuya existencia habían propuesto en la página anterior!) y explicaban satisfactoriamente las observaciones de rayos cósmicos existentes en la época. La hipótesis de Baade y Zwicky chocaba de plano con las hipótesis todavía en boga en la época, y propuestas por alguna de las vacas sagradas de la astrofísica de la primera parte del siglo XX. Por ejemplo, el cura

Además, estas hipótesis no podían explicar por qué en todo el espacio extragaláctico la intensidad de los rayos cósmicos era mucho mayor que la de la luz visible, mientras que en nuestra galaxia ocurría justo lo contrario.

La rompedora propuesta de Baade y Zwicky resolvía de golpe todos los problemas y carencias de las hipótesis anteriores. La intensidad de los rayos cósmicos se podía explicar por la enorme cantidad de radiación y energía generada durante el fenómeno “super-nova”. Como las supernovas ocurrían en (todas) las galaxias, esto explicaba la diferencia en las razones de las intensidades de rayos cósmicos frente a la luz visible observadas para nuestra galaxia y fuera de ella. Además, al ser un fenó-

ON SUPER-NOVAE

By W. BAADE AND F. ZWICKY

MOUNT WILSON OBSERVATORY, CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON AND CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, PASADENA

Communicated March 19, 1934

A. Common Novae.—The extensive investigations of extragalactic systems during recent years have brought to light the remarkable fact that there exist two well-defined types of new stars or novae which might be distinguished as *common novae* and *super-novae*. No intermediate objects have so far been observed.

COSMIC RAYS FROM SUPER-NOVAE

By W. BAADE AND F. ZWICKY

MOUNT WILSON OBSERVATORY, CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON AND CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, PASADENA

Communicated March 19, 1934

A. Introduction.—Two important facts support the view that cosmic rays are of extragalactic origin, if, for the moment, we disregard the possibility that the earth may possess a very high and self-renewing electrostatic potential with respect to interstellar space.

En una ocasión, en el colmo de la arrogancia, Zwicky llegó a afirmar que él y Galileo eran las dos únicas personas que sabían utilizar correctamente un telescopio

Walter Baade, el otro protagonista de este artículo, y que tenía una personalidad tranquila, llegó a negarse a que lo dejaran solo con Zwicky entre las cuatro paredes de un despacho

meno que habría ocurrido desde la formación de las galaxias, no era necesario presuponer que las condiciones físicas del universo temprano hubieran sido distintas de las actuales.

Estos resultados habrían bastado, por sí solos, para ganarse una reputación de por vida, como así fue por otra parte. Pero Baade y Zwicky fueron más allá en su segundo trabajo y, “con todas las reservas”, avanzaron -y justificaron someramente- la hipótesis de que las supernovas representaban la transición de una estrella ordinaria a una “estrella de neutrones”. Hay que tener en cuenta que James Chadwick había descubierto el neutrón apenas año y medio antes, en 1932. Baade y Zwicky entendieron que ese nuevo “estado de la materia” en las estrellas las haría estables, pero quisieron ser especialmente cautos. Solo así también se entiende que separaran sus resultados sobre las supernovas en dos comunicaciones, en lugar de publicarlas como un único artículo.

En su artículo (2), Baade y Zwicky afirman que sus resultados no están en contradicción con un universo tan joven, y que ellos mismos no están “para nada convencidos de que el universo esté en expansión”

En un tercer trabajo (3), a menudo citado erróneamente como el trabajo relevante, Baade y Zwicky presentaron esencialmente los mismos resultados de las comunicaciones anteriores, algo que habría tenido sentido hacer desde un principio. En cualquier caso, son muy pocos los trabajos en astrofísica que, como estos de Baade y Zwicky, presentan al mismo tiempo tantos conceptos nuevos -o incluso revolucionarios- que dan con la solución a problemas que habían permanecido largo tiempo sin respuesta satisfactoria. La presentación de estos resultados en dos breves, concisos y muy claros artículos, propició su rápida difusión, no solo entre los astrofísicos, sino también entre el público en general.

El nuevo término, super-nova (que años más tarde se escribiría ya definitivamente sin el guión), ganó rápidamente aceptación entre la comunidad científica, aunque algunos colegas, incluyendo Edwin Hubble, ignoraron por completo estos hitos científicos obtenidos por colegas que trabajaban prácticamente bajo el mismo techo. Sin duda, la personalidad de Zwicky no ayudó.

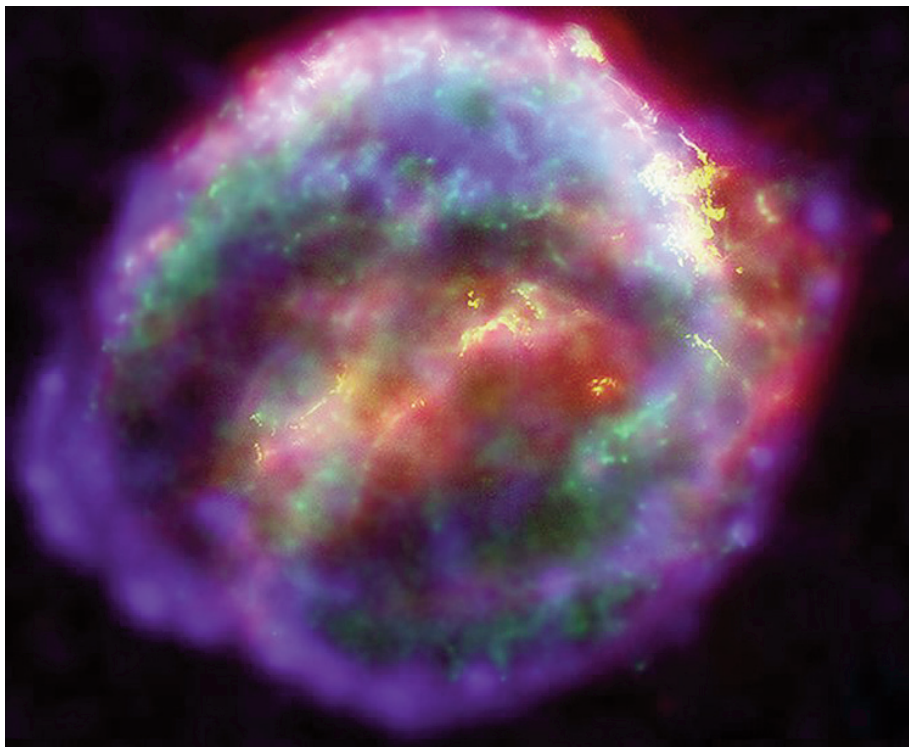


Imagen compuesta del remanente de la supernova SN1604 (o supernova de Kepler), con datos en rayos X, óptico e infrarrojo. Fuente: NASA/ESA/JHU/R. Sankrit & W. Blair

Quizá tampoco ayudó que la visión de Hubble sobre la expansión del universo no fuera compartida en los años treinta del siglo XX por todos los astrónomos, Baade y Zwicky incluidos. En efecto, en los trabajos arriba mencionados, Baade y Zwicky proponían que las estrellas progenitoras de estas super-novas podrían haber vivido al menos durante mil millones de años, y posiblemente mucho más. Sin embargo, algunas de las cosmologías propuestas en la época predecían una edad del universo de mil millones de años como mucho. En su artículo (2), Baade y Zwicky afirman que sus resultados no están en contradicción con un universo tan joven, y que ellos mismos no están “para nada convencidos de que el universo esté en expansión”. Es de imaginar que este comentario no debió gustar a Hubble.

Hoy día, todos los estudiantes de astrofísica aprenden en los libros de texto que la muerte de una estrella masiva da como resultado una supernova, que a su vez deja como remanente una estrella de neutrones (o quizá un agujero negro, como hoy sabemos). También aprenden que las supernovas representan la principal fuente de rayos cósmicos en el universo. Todo esto se lo debemos a los estudios pioneros realizados por Baade y Zwicky en los años 1930. Insisto: a “Baade y Zwicky”, ya que es muy habitual citar solamente a Zwicky como la persona que realizó estas gestas científicas, algo que posiblemente se deba

a su peculiar personalidad, que contrastaba con la del tranquilo y caballeroso Baade. Es cierto que Zwicky realizó, individualmente, contribuciones muy importantes en este y otros campos de la astrofísica. Por ejemplo, fue el primer impulsor de una búsqueda sistemática de supernovas en galaxias. En 1974, a la muerte de Zwicky, se habían descubierto trescientas ochenta supernovas gracias a búsquedas sistemáticas, de las que Zwicky, solo, había descubierto ciento veintidós (entre febrero de 1937 y enero de 1974, poco antes de morir). Asimismo, sus estudios sobre la materia oscura, cuyo término él mismo acuñó, son merecedores de los mayores halagos. Pero tampoco Baade se quedó atrás en alcanzar logros científicos de modo individual, como trataremos en otro artículo más adelante. Sería por tanto muy injusto no dar el debido crédito a Baade, primer autor de los tres artículos, en los trabajos que asentaron las bases de una rama de la astrofísica que, aún hoy, sigue siendo muy relevante.

(1) Baade, W. y Zwicky, F. (1934), *On Super-Novae*, Proceedings of the National Academy of Sciences 20 (5): 254–259

(2) Baade, W. y Zwicky, F. (1934), *Cosmic Rays from Super-novae*, Proceedings of the National Academy of Sciences 20 (5): 259–263

(3) Baade, W. Y Zwicky, F. (1934), Phys. Rev. 45, 138

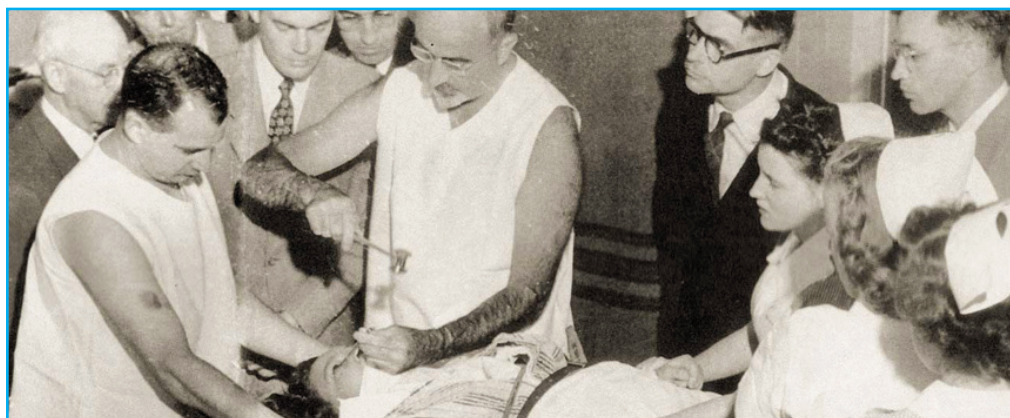
El lobotomizador ha llegado a su ciudad

El *Lobotomóvil*

POR EMILIO J. GARCÍA (IAA-CSIC)

Año 1967. Una destartalada furgoneta llega a la ciudad. Sus ocupantes, un hombre de mediana edad y aspecto distinguido y su ayudante, un fornido joven de pocas palabras, comienzan su rutina. Recorren todos los hospitales, centros psiquiátricos e instituciones mentales de la ciudad ofreciendo sus servicios. Qué lejos han quedado aquellos tiempos en los que eran recibidos efusivamente por los directores a la puerta de cada institución. Tiempos en los que camas repletas de pacientes les aguardaban en fila, la mayoría de las veces rodeados de periodistas, fotógrafos, familiares y curiosos deseosos de conocer de primera mano la técnica que había convertido al hombre de aspecto distinguido en uno de los neurólogos más famosos de América, incluso más aún que su propio abuelo, el gran William Williams Keen, el primer neurocirujano que extrajo con éxito un tumor cerebral de un paciente vivo.

Ahora, en cambio, las puertas se cierran una tras otra. Tan solo un pequeño asilo de enfermos mentales en un grado muy avanzado requiere de sus habilidades para con una de sus pacientes: una octogenaria que, como una niña de cuatro años en plena rabieta, pateale sin sentido sobre la camilla. Una paciente en toda la ciudad. Y pensar que incluso el influyente Joseph Kennedy solicitó de sus servicios para que tratara a su hija Rosemary, hermana menor del que fuera presidente de los Estados Unidos. Pero la profesionalidad ante todo. El hombre distinguido inicia un conjunto de pasos que ha repetido miles de veces durante las últimas tres décadas. Mientras dos enfermeras intentan controlar los movimientos espasmódicos de la pobre anciana atada a la camilla mediante correas, su ayudante adormece a la anciana con uno o dos *electroshocks* para posteriormente inmovilizar con fuerza su cabeza. Nuestro protagonista abre su maletín y extrae un picahielos y un martillo de carpintero. Aún recuerda el escándalo de sus compañeros de profesión cuando demostró que no hay mejor instrumental para esta técnica por poco quirúrgico que parezca. Sitúa el instrumento punzante en la cavidad orbital, justo entre el párpado y el ojo. Le llevó muchos meses de pruebas encontrar aquel camino directo hacia el cerebro que evitase la dura y costosa trepanación del cráneo. Posteriormente ejecuta unos golpes secos de martillo sobre el picahielos que, abriéndose paso a través del lagrimal, perfora el tabique superior y penetra unos siete centímetros en el



cerebro del paciente. A continuación, con un movimiento similar al del limpiaparabrisas de un coche rebana parte del cerebro, seccionando las conexiones entre los lóbulos prefrontales y el tálamo, la clave de toda la operación. La vieja desprende un grito ahogado. Finalmente, el doctor extrae el picahielos y repite la misma operación en el otro párpado. En total, cuatro minutos que sería capaz de repetir con los ojos cerrados. Sin anestesia, sin las mínimas operaciones previas de higiene y, por supuesto, sin firmas de consentimiento. Dos moratones permanentes bajos los ojos y un comportamiento vegetativo quedan como únicos rastros reconocibles de la visita. En total, veinticinco dólares.

Lobotomías a gran escala

Se estima que, entre 1936 y 1967, el neurólogo Walter Freeman (1895-1972) practicó más de cuarenta mil lobotomías por todo el país al volante de lo que bautizó como el *lobotomóvil*. Especialmente los años posteriores a la segunda guerra mundial, cuyas secuelas habían generado un aumento significativo de personas con fuertes trastornos mentales. Miles de familiares y cuidadores veían en la lobotomía una vía de escape al sufrimiento de sus enfermos, y a Freeman como lo más parecido a un salvador. Durante esos años no se libraron de su punzón ni mujeres, ni niños, ni tan siquiera miembros de las clases sociales altas.

Varios años antes, este por entonces joven director de un hospital psiquiátrico de Washington, convencido de estar llamado a hacer historia de la neurología, había quedado fascinado por los trabajos del portugués Egas Moniz (1874-1955), el primer neurólogo en practicar una lobotomía prefrontal en 1933, en la que literalmente taladraban sendos orificios en el cráneo de una enferma paranoide por donde inyectaban alcohol para destruir la parte delantera de su cerebro. Una técnica por la que

terminó recibiendo el Nobel en 1949 por su descubrimiento del valor terapéutico de la lobotomía en determinadas psicosis.

Freeman -que carecía de licencia para operar- y su colega cirujano James Watts, convencidos de las bondades de la destrucción de parte del cerebro para solucionar los problemas mentales, comenzaron a aplicar las técnicas de Moniz en su clínica privada y lograron hacerlas evolucionar con el fin de evitar la perforación del cráneo mediante el abordaje transorbital. A sus ojos, los resultados eran espectaculares ya que, efectivamente, lograban reducir drásticamente la agitación y sufrimientos de estos pobres diablos y, de paso, la de sus familiares, pero también cualquier atisbo de autonomía y capacidad personal por parte de los enfermos, que en muchas ocasiones morían. Durante los siguientes años presentaron sus nuevas técnicas en numerosos congresos profesionales donde recibían rechazo y escepticismo a partes iguales. Pero la nueva "cirugía mental" se hizo con las portadas de muchas revistas y periódicos de la época que veían a joven, carismático y mediático doctor Freeman como la nueva esperanza blanca contra las enfermedades mentales.

Lobotomía química

Pero en la nueva década de los sesenta aquella revolución es solo un eco lejano. Ya nadie quiere hablar de lobotomía, reducida a un salvaje ejercicio propio de épocas medievales. "Los tiempos del lobotomóvil han pasado", piensa un envejecido Freeman mientras arranca. Y no ha sido por la presión científica o médica, sino por la aparición de una píldora capaz de tranquilizar y reducir la ansiedad en esquizoides y enfermos mentales sin necesidad de trepanarles el cerebro. Una nueva lobotomía química: con la misma eficacia, pero sin picahielos.

C/2012 S1 (ISON) FUE DESCUBIERTO EL 21 DE SEPTIEMBRE DE 2012 POR ASTRÓNOMOS RUSOS, EMPLEANDO UN TELESCOPIO DE LA RED INTERNACIONAL CIENTÍFICA ÓPTICA CUYO ACRÓNIMO EN INGLÉS DIO NOMBRE AL COMETA. ENSEGUIDA SE GRANJEÓ EL SOBRENOMBRE DE "COMETA DEL SIGLO" Y, AUNQUE AL FINAL NO CONSIGUIÓ SOBREVIVIR AL PERIHELIO, SÍ QUE OFRECIÓ UN EMOCIONANTE ESPECTÁCULO FINAL

1 ¿POR QUÉ "DEL SIGLO"?

El cometa ISON ha tenido una vida mediática con altibajos: descubierto el 21 de septiembre de 2012 cuando todavía se hallaba a mayor distancia del Sol que Júpiter, las primeras estimaciones apuntaban a que podría alcanzar un brillo superior al de la luna llena cuando se acercara a su perihelio, o región de la órbita más cercana al Sol (los cometas, pequeños cuerpos sólidos helados, sufren modificaciones dramáticas según se aproximan al Sol y aumenta la temperatura). El entusiasmo corrió por los medios de comunicación y las redes sociales, que se llenaron de titulares sobre "el cometa del siglo".

No obstante, esas estimaciones se revelaron demasiado optimistas y se sustituyen por otras más realistas: su brillo sería, como mucho, similar al de Venus (magnitud menos cuatro) y, como mínimo, suficiente para que pudiéramos verlo a simple vista (magnitud seis).

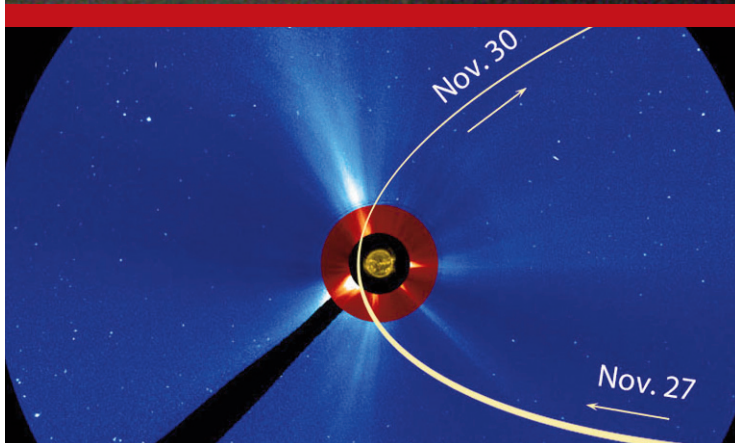
2 ¿POR QUÉ SEGUIMOS OBSERVÁNDOLO?

Sabíamos que no sería el espectáculo que en un principio se anunció, PERO...

De hecho, había varios "peros". Para empezar, la evolución de un cometa depende de tantos factores (tamaño del núcleo, composición, órbita, densidad, rotación, número de veces que ha pasado cerca del Sol, etc...), que resulta prácticamente imposible predecir cuánto brillará; el astrónomo David H. Levy lo ilustraba con la frase "los cometas son como los gatos: tienen cola y siempre hacen lo que quieren". ISON podía sorprendernos, de modo que debíamos permanecer atentos.

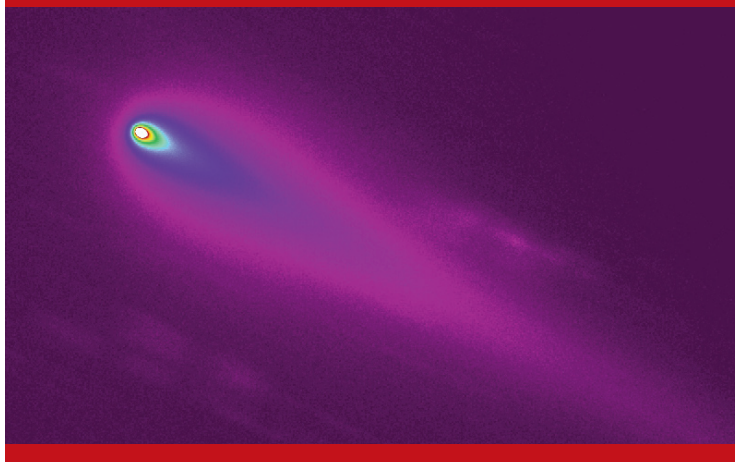
Además, ISON presentaba peculiaridades que lo convertían en un interesante ejemplar: según las estimaciones de su órbita, se trataba de un cometa procedente de la nube de Oort, una burbuja que rodea todo el Sistema Solar y que, se cree, está formada por los restos de la nebulosa que dio lugar al Sol y los planetas hace cuatro mil seiscientos millones de años. La nube de Oort alberga los núcleos cometares que dan lugar a los cometas de largo periodo y, en este sentido, ISON ofrecía la oportunidad de estudiar un cometa nuevo, recién llegado de los confines del Sistema Solar y, posiblemente, con algunas de las claves físicas y químicas para entender la formación del mismo. ISON presentaba además otro interesante aliciente: prácticamente rozó el Sol el pasado 28 de noviembre. Durante su perihelio, o punto de la órbita más próximo a nuestra estrella, el cometa se halló a solo 2,7 radios solares (1,8 millones de kilómetros) del Sol y alcanzó temperaturas de unos cinco mil grados, lo que presentaba excitantes posibilidades: podía ocurrir que ISON sufriera, debido al calor, un intenso periodo de actividad derivado no solo de la sublimación del hielo sino también de los silicatos o incluso los metales, lo que liberaría gran cantidad de polvo y aumentaría considerablemente el brillo. Pero también podía ocurrir que, debido a las fuerzas de marea o el calor producido por el Sol, el núcleo de ISON terminara fragmentándose o vaporizándose, como ha ocurrido con más de dos mil cometas incluidos en la categoría de *sungrazer comets* (cometas que rozan el Sol). Con un núcleo de tamaño de entre uno y cuatro kilómetros, algunas simulaciones sugerían que si ISON mostraba la densidad típica de los cometas sobreviviría el perihelio y brillaría en el cielo con intensidad durante el mes de diciembre. Pero, como buen gato, ISON fue verdaderamente impredecible.

El cometa C/2012 S1 ISON el 15 de noviembre de 2013. Imagen tomada por Nicolás Morales (IAA-CSIC) desde el Observatorio de La Hita, operado conjuntamente por el IAA y la Fundación AstroHita.



Arriba: trayectoria de ISON en torno al Sol (NASA).

Debajo: Imagen de ISON con el telescopio de 1,5 metros del Observatorio de Sierra Nevada (Fernando Moreno y Francisco Pozuelos, IAA-CSIC).



El cometa

ISON

crónica de una muerte anunciada

3 EL "COMETA DE SCHRÖDINGER"

Aunque en noviembre la popularidad de ISON había caído, el 14 de noviembre se anunciaba desde el IAA un estallido de actividad y un importante aumento del brillo del cometa, ya visible sin instrumentos ópticos. ISON ofreció un bellissimo espectáculo celeste hasta el 28 de noviembre, fecha en la que se enfrentó a una distancia de menos de dos millones de kilómetros de la superficie del Sol lo que, a escala astronómica, supone prácticamente rozar nuestra estrella.

Ya antes de su máximo acercamiento algunas fuentes afirmaban que el núcleo se había fragmentado (precisamente, durante los días siguientes al primer estallido de actividad, que tuvieron su réplica el 19 de noviembre). La información de una posible ruptura se basaba en la presencia, en una imagen de ISON del Instituto Max Planck para la Investigación del Sistema Solar, de lo que se conoce como "alas del cometa", dos estructuras simétricas en forma de arco que emergen de la coma y que en algunos casos se producen por la fragmentación del núcleo. Sin embargo, desde la página de la Campaña de Observación del Cometa ISON de la NASA (CIOC) se advertía de que la propia simetría de las "alas" hacía poco probable que se debieran a una fractura del núcleo, ya que estos eventos suelen ser asimétricos. Además, apuntaban que antes del estallido se habían detectado chorros de gas procedentes del núcleo que podían haber dado lugar a las alas o que estas podrían deberse también a la interacción del cometa con el viento solar.

Observatorios de todo el mundo siguieron la trayectoria de ISON esos críticos días, y las últimas noticias antes del perihelio resultaban desalentadoras, ya que el 25 de noviembre informaban desde Caltech y desde la radioantena IRAM (Granada) de un descenso considerable en la producción de ácido cianhídrico, lo que podía significar que la actividad del núcleo se había detenido o que el núcleo ya no existía. Sin embargo, era pronto para sacar conclusiones y la proximidad del cometa al Sol hacía muy difícil obtener buenas observaciones desde tierra, de modo que astrónomos profesionales y aficionados esperaron a que el cometa entrara en el campo de visión de SOHO, un satélite de observación solar de la NASA.

El 27 de noviembre el coronógrafo LASCO, a bordo de SOHO, enviaba datos que apuntaban a un aumento de brillo de ISON en un factor cuatro (imagen 1), de modo que la emoción resurgió... durante apenas veinticuatro horas. El constante seguimiento de la evolución del cometa por parte de SOHO mostró el 28 de noviembre un significativo descenso de brillo a lo largo de la mañana, y a lo largo de la tarde las imágenes de la misión STEREO (NASA) supusieron un verdadero jarro de agua fría: ISON se había vaporizado por completo (imagen 2).

Sin embargo, el viernes 29 nos despertábamos con una nueva sorpresa del que desde la NASA denominaron "el cometa de Schrödinger", porque ISON ha demostrado una capacidad ilimitada para sorprendernos e incluso para estar vivo y muerto al mismo tiempo. Tras el perihelio, una débil nebulilla (imagen 3) aparecía en las imágenes de LASCO, algo que al parecer es bastante habitual en los *sungrazer comets*, de modo que nos sentamos a esperar a que se desvaneciera. Pero no lo hizo. Las imágenes de SOHO mostraron un innegable aumento de brillo, y se lanzaron hipótesis sobre una posible supervivencia de parte del núcleo aunque la coma y la cola se hubieran evaporado por completo. Y, nuevamente, llegó la decepción: según se alejaba del Sol, la pequeña nube brillante fue perdiendo intensidad y las hipótesis viraron hacia una pequeña nube de polvo como responsable del brillo y no a un fragmento del núcleo del cometa. El telescopio espacial Hubble confirmó mediados de diciembre que ISON no sobrevivió al perihelio, pero sin duda ofreció un espectáculo emocionante.





El otro extremo del universo



Astrónomo asturiano, licenciado y doctorado en la Universidad de Cantabria. Tras trabajar en Estados Unidos, Italia, Australia y Valencia, ahora es Científico Titular del CSIC en el IFCA (CSIC-UC).

En 1995 estaba en la Universidad de Cantabria haciendo mi tesis con Xavier Barcons sobre espectros Lyman alfa de cuásares a "alto" corrimiento al rojo (este efecto, también conocido como *redshift* y denotado z , es el desplazamiento hacia el rojo de la luz debido al distanciamiento progresivo que produce la expansión del universo). Por entonces "alto redshift" quería decir $z \sim 2.5$: las galaxias normales más lejanas conocidas estaban a $z \sim 1-2$, los cuásares más lejanos a $z \sim 4$, y había noticias de algún objeto monstruoso incluso a $z \sim 5$. Aquel verano visité la Universidad Estatal de Nueva York (SUNY Stony Brook), para trabajar con Ken Lanzetta y su grupo estudiando el agrupamiento de absorbentes Lyman alfa con datos (¡de segunda mano!) del telescopio Keck, en aquel momento una auténtica revolución observacional.

En septiembre volví a Santander, con un artículo bajo el brazo y sin tener ni idea de que retornaría a SUNY muy pronto, porque el director del *Space Telescope Science Institute* había decidido observar una pequeñísima zona del cielo durante diez días consecutivos con el Telescopio Espacial Hubble. Las observaciones se realizaron en diciembre y la imagen (conocida como *Hubble Deep Field* o HDF) se hizo pública en enero de 1996. Inmediatamente recibí una llamada de teléfono de Ken, excitado incluso más allá de lo que en él era el estado normal... "¡Alberto, ¿has visto la imagen del HDF?! Veo galaxias a redshift seis... están ahí... tenemos que analizarlas... todas las técnicas que tenemos para el análisis del bosque Lyman alfa se pueden aplicar... ¿puedes volar a Nueva York esta misma semana?!". Tras rápidas consultas con Xavier ("¡hombre, si te lo crees y te pagan el viaje, pues adelante!") y la compra del chaquetón de invierno más gordo que nunca había usado, salí para allá, reconozco que con ciertas dudas.

Dudas que se desvanecieron tras pasar cinco minutos con Ken delante de un ordenador y ver que, en efecto, en las imágenes del HDF se veían galaxias que tenían que estar a $z \sim 6$. Las imágenes habían sido tomadas a través de cuatro filtros de longitudes de onda de 3000, 4500, 6060 y 8140 angstroms (Å), y algunos objetos se veían

solo en la última y más roja de ellas. Trabajos recientes habían mostrado que la absorción por parte del hidrógeno neutro intergaláctico de la radiación por debajo de Lyman alfa (1216 Å) era muy eficiente, y que esas "marcas" podían emplearse para seleccionar galaxias en rangos de redshift definidos.

Además, en la zona conocida como "bosque Lyman alfa" (entre 912 y 1216 Å) el efecto de la absorción crece con el redshift (debido a la mayor densidad de absorben-



tes en el universo temprano), hasta ser prácticamente completa para valores de redshift cercanos a cinco o mayores. Como el filtro más rojo de los cuatro observados por HST detectaba luz por encima de 7000 Å, (la longitud de Lyman alfa corrida hasta $z \sim 5$), las galaxias que solo se veían en él debían estar a un redshift aún más alto. Igualmente, las galaxias que se veían en los dos últimos filtros debían estar a más de $z \sim 4$... era un rango de observación completamente nuevo para todos, estábamos de verdad asomándonos al otro extremo del universo.

Recuerdo con cierta envidia que nos costó solo un día poner a punto las herramientas necesarias para formalizar estas ideas.

Inmediatamente confirmamos que, en efecto, solo se podían reproducir los colores observados si las galaxias se encontraban al redshift que Ken había medido "a ojo". El resto del trabajo, durante varias semanas, consistió en refinar la fotometría y los modelos, y comprobar una y otra vez los resultados.

El trabajo fue publicado en junio¹. Al poco tiempo llegaron las primeras confirmaciones espectroscópicas para algunos objetos. Recuerdo que en una charla Ray Weymann presentó el espectro de una galaxia a $z=5.60$ tomado con Keck y comentó: "la verdad es que la calidad del espectro es pésima, y solo se adivina una línea de emisión... decir que este espectro confirma los datos fotométricos es un poco engañoso, más bien es la fotometría la que en realidad confirma el espectro".

Poco después publicamos el catálogo completo incluyendo datos del infrarrojo cercano y un análisis fotométrico mucho más detallado². Desde entonces estas técnicas han sido globalmente aceptadas y perfeccionadas³ y hoy forman parte de prácticamente cualquier gran proyecto cosmológico.

Durante los siguientes años he seguido intentando alejarme de la Tierra... en 2005, en colaboración con Misticci, un gran grupo de expertos en explosiones de rayos gamma, o GRBs, detectamos y analizamos GRB050904, "la explosión cósmica más antigua después del Big Bang", que tuvo lugar a $z=6.3$, y solo fue observado a través de métodos fotométricos⁴.

Más recientemente, en 2009, detectamos GRB090423, una explosión para la que incluso conseguimos un espectro infrarrojo con el Telescopio Galileo, que confirmó el resultado fotométrico: redshift $z \sim 8.2$ ⁵. No será fácil llegar aún más lejos, pero no pierdo la esperanza.

Aunque recuerdo que, en el origen, todo empezó con la llamada telefónica de un colega que, en ocasiones, veía galaxias a redshift seis...

1. Lanzetta et al. 1996, Nature 381, 759

2. Fernández-Soto et al. 1999, ApJ 513, 34

3. Benítez 2000, ApJ 536, 571; o Molino et al. 2013,

<http://arxiv.org/abs/1306.4968>

4. Tagliaferri et al. 2005, A&A 443, L1

5. Salvaterra et al. 2009, Nature 461, 1258; Stefanon et al. 2011, A&A 525, A75

¿Afecta la dieta de un agujero negro supermasivo a su galaxia anfitriona?

El telescopio ALMA ha permitido observar en detalle NGC 1433, que presenta un complejo sistema de anillos, barras y espirales que guían el gas hacia el agujero negro supermasivo central

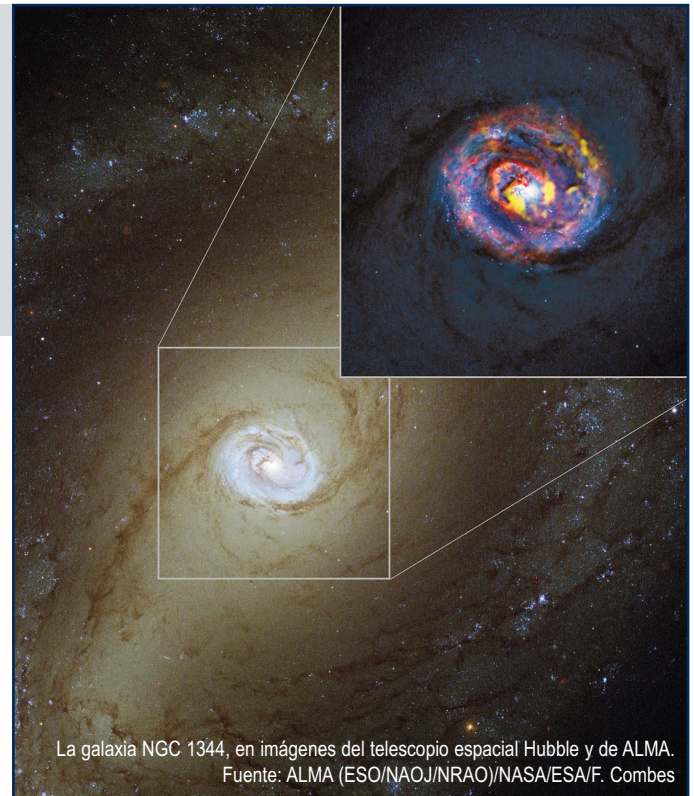
formada por un anillo y una barra nuclear.

“Los datos de ALMA muestran que el gas en la zona central de NGC1433 sigue una estructura espiral dentro del anillo nuclear que explicaría cómo el gas es conducido hacia el núcleo y alimenta la actividad nuclear”, ilustra Isabel Márquez, investigadora del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que participa en el estudio.

La presencia de dos barras parece fundamental, como ya apuntaba el programa NUGA (NUclei of GALaxies) desarrollado por el mismo grupo de investigadores para estudiar la distribución del gas en galaxias activas y el abastecimiento del agujero negro central. Hallaron que el mecanismo de alimentación más común en las galaxias de la muestra reside en la existencia de una barra primaria con rotación lenta y de una barra nuclear que rota más rápidamente, de modo que se producen resonancias dinámicas que hacen que el gas fluya hacia el centro. La dinámica del gas en NGC 1433 parece confirmar este escenario.

Retroalimentación del agujero negro

Sin embargo, también han observado que parte del gas molecular, algo menos de un 10%, es expulsado a través de un chorro que emana de



La galaxia NGC 1344, en imágenes del telescopio espacial Hubble y de ALMA. Fuente: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/NASA/ESA/F. Combes

una región cercana al núcleo y que eyecta la masa equivalente a siete soles por año. “Puesto que los procesos de formación estelar, en algunas galaxias responsables de este tipo de fenómenos, no son muy intensos en NGC 1433, pensamos que el responsable de este flujo es el propio núcleo activo”, señala Isabel Márquez (IAA-CSIC).

“Este descubrimiento confirma la

idea actual de que la actividad nuclear puede extraer gas del centro y frenar la formación estelar. El agujero negro supermasivo podría así regular el crecimiento de los bulbos en los centros de las galaxias, lo que explicaría la relación observada entre la masa de los bulbos y de los agujeros negros centrales”, concluye la investigadora.

Silbia López de Lacalle (IAA)

EN BREVE:

El observatorio espacial Herschel (ESA) descubre vapor de agua en el planeta enano Ceres

► Ceres, con un diámetro de novecientos cincuenta kilómetros, es el mayor objeto del cinturón de asteroides, que se encuentra entre las órbitas de Marte y Júpiter. A diferencia de la mayoría de los asteroides, Ceres es prácticamente esférico y pertenece a la categoría de los planetas enanos, en la que también se encuentra Plutón. Se piensa que Ceres está formado por varias capas, con un núcleo rocoso rodeado por un manto de hielo. La confirmación de la presencia de agua congelada en el cinturón de asteroides tiene importantes repercusiones para comprender la evolución de nuestro Sistema Solar.

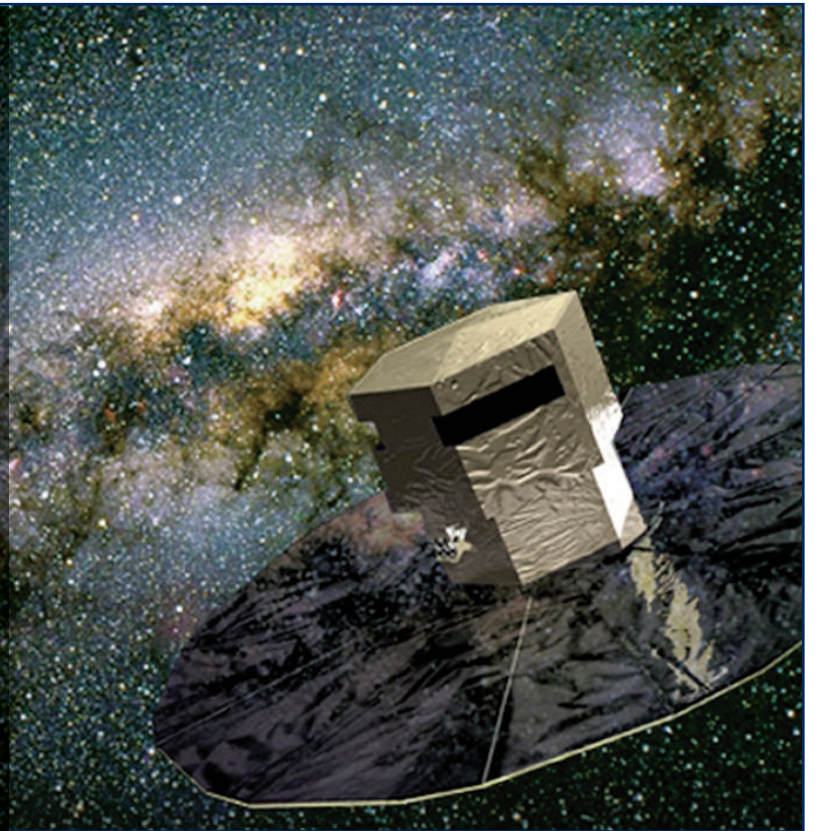
Aunque Herschel no haya sido capaz de tomar una imagen nítida de Ceres, se ha podido determinar la distribución de las fuentes de vapor de agua en su superficie al estudiar cómo variaba la señal del agua durante las nueve horas que tarda este planeta enano en girar sobre sí mismo. Prácticamente todo el vapor procede de sólo dos puntos de su superficie. <http://www.esa.int>



Despega la misión Gaia, que proporcionará el primer mapa en tres dimensiones de la Vía Láctea

GAIA EN NÚMEROS

- Catalogará mil millones de estrellas, un 1% del total de la Galaxia.
- Con un plano focal con mil millones de píxeles, Gaia constituye la cámara más grande que se ha construido jamás para trabajar en el espacio.
- Trabaja a 1,5 millones de kilómetros desde la Tierra.
- Observará todo el cielo durante cinco años con unas setenta repeticiones.
- Contiene dos telescopios de treinta y cinco metros de distancia focal y un total de diez espejos, y tres instrumentos: astrométrico, fotométrico y espectroscópico.
- Observará todos los objetos celestes hasta un brillo cuatrocientas mil veces menor que aquello que puede apreciar el ojo humano a simple vista.
- En un día de misión se generan cincuenta gigabytes de datos que se envían a tierra y son procesados. Al final de la misión se habrán enviado cien terabytes de datos.
- El catálogo final se publicará en 2022 y tendrá un volumen de un petabyte, es decir, un millón de gigabytes, equivalente a doscientos mil DVDs.
- Los datos obtenidos tendrán una precisión cien veces mejor que las misiones precedentes.



Gaia medirá la posición, distancia, movimientos y propiedades físicas de mil millones de estrellas, lo que equivale al 1% de la población total de la Galaxia

► El pasado 19 de diciembre tuvo lugar con éxito el lanzamiento de Gaia, un satélite de la Agencia Espacial Europea (ESA) que, durante cinco años, recogerá datos de mil millones de estrellas para construir el mapa en tres dimensiones de la Vía Láctea más completo jamás construido. El lanzamiento se realizó desde la base espacial de Kourou (Guayana Francesa). La misión cuenta con una importante contribución de científicos e ingenieros españoles. “Gaia es una misión de astronomía

clásica, pero con tecnología de ciencia ficción para el desarrollo de ciencia de frontera”, destaca Emilio J. Alfaro, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía que participa en la misión. “Gaia medirá la paralaje astronómica (distancia) de decenas de millones de estrellas de la Galaxia con un método ya diseñado por los griegos, pero con una tecnología que permite alcanzar una precisión diez millones de veces mejor”, continúa el investigador. No en vano Gaia constituye el máximo exponente de una tecnología que ha colocado a Europa a la cabeza de la astrometría desde el espacio. El principal objetivo científico de Gaia reside en desvelar la historia de la Vía Láctea, desde sus orígenes hasta el estado actual. Para conseguirlo, Gaia medirá las posiciones, distancias y movimientos de mil millones de estrellas (un 1% del total de la Galaxia) y estudiará sus propiedades físicas, como la

edad y la composición química. No solo la cantidad de estrellas resulta relevante, sino que también es necesario que los datos obtenidos sean de una precisión extrema, y Gaia mejorará en cien veces la precisión de las misiones precedentes. Actualmente, el catálogo astrométrico más preciso contiene ciento veinte mil estrellas y fue elaborado por Hipparcos, un satélite también de la ESA. Su precisión, de un milisegundo de arco, equivale a medir la altura de una persona en la Luna vista desde la Tierra. Con Gaia, la precisión será del orden de diez microsegundos de arco, precisión que equivale a medir la anchura de una moneda de euro situada en la Luna vista desde la Tierra, o a verle los ojos a la persona en cuestión.

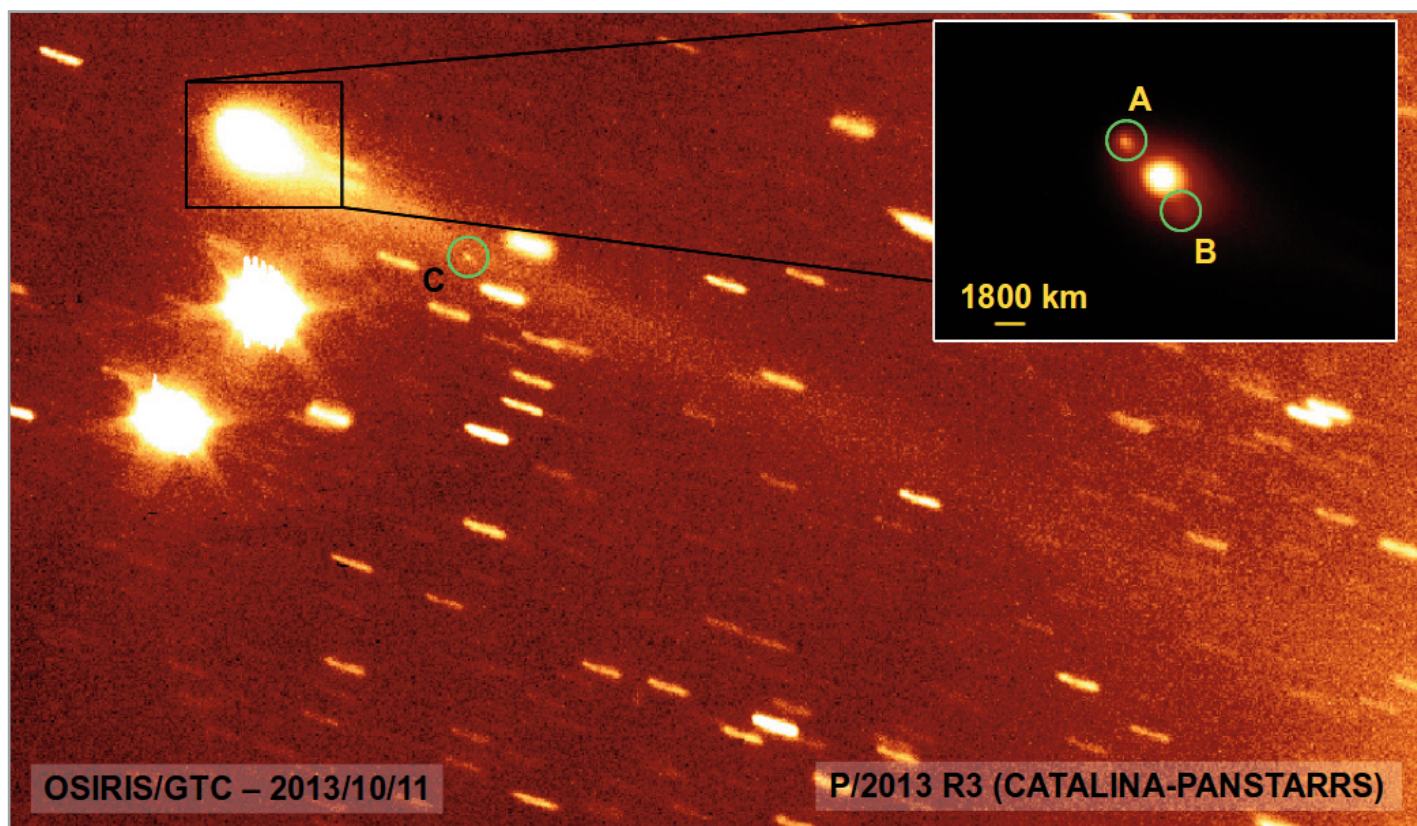
Contribución española

“La contribución española, tanto a nivel científico como tecnológico, ha sido destacada. El Instituto de

Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) participa activamente en la Red Española de Gaia (REG), organizada para preparar una rápida y eficiente explotación de los datos de la misión”, señala Emilio J. Alfaro, responsable del Grupo de Trabajo de Cúmulos Estelares dentro de la Red Española de Gaia.

Esta red, creada en 2010, subvencionada por el MINECO y con más de ciento cuarenta miembros de treinta instituciones españolas, está elaborando herramientas para la explotación científica y obteniendo datos espectroscópicos desde tierra para complementar los datos de la misión.

Alfaro, junto con otros componentes del Grupo de Sistemas Estelares del IAA, participa en el proyecto ESO-Gaia Survey (GES), que está realizando un cartografiado espectroscópico de cien mil estrellas de campo y cien cúmulos estelares del hemisferio Sur.



Se observa por primera vez la fragmentación de un cometa del cinturón principal

Observaciones con el Gran Telescopio Canarias desvelan que P/2013 R3 (CATALINA/PANSTARRS) se ha roto en cuatro fragmentos

Este objeto está clasificado como "cometa del cinturón principal", un inusual tipo de asteroide que muestra rasgos similares a los de los cometas

► El cinturón principal de asteroides, situado entre Marte y Júpiter, alberga una nutrida población de objetos que giran en torno al Sol en órbitas casi circulares, de modo que no sufren los cambios de temperatura que, en el caso de los cometas, producen las características colas. Sin embargo, desde 1996 se conoce una familia de asteroides, a día de hoy con apenas una docena de miembros, que desarrollan colas cometarias y que se conocen como cometas del cinturón principal. Uno de ellos, P/2013 R3 (CATALINA/PANSTARRS), se ha roto recientemente.

El hallazgo, observado con el Gran Telescopio Canarias (GTC), supone una oportunidad única para estudiar la estructura interna de un cometa del cinturón principal (o MBC, de sus siglas en inglés) y descubrir el mecanismo que lo convierte en un asteroide con cola, una suerte de híbrido entre un asteroide y un cometa. El trabajo, encabezado por Javier Licandro, del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), cuenta con la participación de investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

Los cometas, formados por hielo y

rocas, proceden de las regiones externas del Sistema Solar (el cinturón transneptuniano y la nube de Oort) y, al acercarse al Sol, sus hielos subliman y arrastran el polvo formando las colas cometarias. "La órbita de los MBC no es la propia de un cometa sino la típica de un asteroide del cinturón principal, y se sabe que dinámicamente es casi imposible que un cometa adquiera una órbita así", explica Licandro (IAC).

"Una de las dudas en torno a los MBC es el mecanismo por el que expulsan polvo y forman, como los cometas, una coma (la atmósfera que rodea el núcleo) y una cola -continúa el investigador del IAC-. Hasta hace muy poco se consideraba que los asteroides se componen de roca y metales, de modo que no podrían dar pie a la formación de una cola como la de los cometas, o al menos no por los mismos mecanismos que estos lo hacen".

El hallazgo del equipo español pue-

de resultar de gran utilidad para resolver este enigma. El MBC P/2013 R3 (CATALINA/PANSTARRS) se ha roto en al menos cuatro fragmentos, en un proceso de fragmentación quizá similar al que sufren los cometas. "La ruptura podría deberse a una colisión, a una ruptura rotacional o a un estallido de actividad, y estamos programando nuevas observaciones para determinar la causa", destaca Fernando Moreno, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC). "Se trata de un objeto muy interesante porque es bastante brillante y quizá permita detectar gases, algo que nunca hemos conseguido en un cometa del cinturón principal", adelanta Moreno (IAA-CSIC).

El grupo de investigadores trata de determinar los elementos que componen los fragmentos y, con ello, averiguar por fin cuál es la naturaleza del núcleo de un MBC. En sus observaciones, los investigadores han empleado el instrumento OSIRIS del GTC, ubicado en el observatorio del Roque de Los Muchachos (La Palma), así como el observatorio de Sierra Nevada, en Granada.

Silbia López de Lacalle (IAA)

Impresión artística (David Cabezas Jimeno).

Ocaso y muerte de un planeta

Por primera vez se detecta un planeta en torno a una estrella gigante roja en la fase final de su vida

► Investigadores de varias instituciones, liderados por Jorge Lillo-Box y David Barrado, del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), han estudiado el sistema formado por una estrella gigante roja y su planeta (Kepler-91 b), cuya órbita es extraordinariamente próxima a la estrella. La estrella, una gigante denominada KOI-2133 y que ahora se encuentra en un proceso de expansión de sus capas externas, acabará devorando al planeta. El estudio ha empleado instrumentación del Observatorio de Calar Alto, operado conjuntamente por el Instituto Max Planck de Astronomía (Heidelberg) y el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

Durante cuatro años, el telescopio

espacial Kepler ha obtenido datos de multitud de estrellas candidatas a albergar planetas. Una de estas candidatas era KOI-2133, una estrella gigante roja de la cual este trabajo ha derivado propiedades físicas como la masa, el radio o la edad de manera precisa mediante el uso de la astrosismología, técnica análoga al estudio de los terremotos en nuestro planeta, y que incluye un detallado estudio teórico.

Este análisis ha requerido observaciones complementarias llevadas a cabo con el espectrógrafo CAFÉ (*Calar Alto Fiber-fed Echelle spectrograph*) y la cámara AstraLux, ambos instalados en el telescopio de 2,2 metros del Observatorio de Calar Alto.

Para confirmar la existencia del planeta Kepler-91 b se ha empleado el método de variaciones elipsoidales que consiste, básicamente, en la detección de la deformación de la superficie de la estrella por las fuerzas de marea ejercidas por el paso del pla-

netas. Hasta la fecha solo se han detectado con este método unos quince planetas, ya que se necesitan unas condiciones muy específicas que pocas veces se dan para poder aplicarlo. En cualquier caso, estos planetas orbitan alrededor de estrellas en una fase tranquila de su vida, con tamaños similares al del Sol, y sus planetas tienen asegurada una larga vida en ambientes estables. El entorno de Kepler-91 b es totalmente distinto.

La atmósfera planetaria de Kepler-91 b parece inflada, probablemente debido a la intensa radiación estelar, ya que el planeta está tan sumamente cerca de su estrella que tarda tan solo 6,24 días en dar una vuelta a su alrededor. Es, por tanto, el planeta más cercano a una estrella gigante roja conocido, lo que lo convierte en el primer candidato a ser engullido por su estrella. Esto sucederá en un plazo inferior a cincuenta y cinco millones de años, un periodo de tiempo muy reducido a escalas astronómicas.

Un enorme sol ocupando el horizonte

La cercanía del planeta y el gran tamaño de la estrella implican que un ocho por ciento de la bóveda celeste del planeta estaría ocupado por la visión de su estrella. Si tenemos en cuenta que, en el caso de la Tierra, el Sol o la Luna ocupan en la bóveda celeste un 0.0005%, podemos hacernos una idea del panorama que podría verse en el cielo diurno de Kepler-91 b: una inmensa bola roja ocupando una fracción muy significativa del cielo y una intensidad luminosa extraordinaria.

Además, dada la arquitectura del sistema, una fracción de la parte de la cara nocturna del planeta está iluminada. Un fenómeno análogo al sol de medianoche en los polos de la Tierra, pero que ocurriría en cualquier región del planeta. De hecho, en el ecuador del planeta el día dura casi el doble que la noche, y en cualquier otra región aún más.

Colaboración hispano-alemana

Este trabajo está basado parcialmente en observaciones llevadas a cabo por el Centro Astronómico Hispano-Alemán, en Calar Alto (Almería, España). Ha sido posible gracias al uso intensivo del espectrógrafo CAFÉ, el primer instrumento desarrollado y construido por el observatorio de Calar Alto, demostrando una vez más la necesidad de disponer de telescopios de tamaño medio e instrumentación de última generación en proyectos dedicados, que requieren un gran número de noches.

EN BREVE:

La misión Rosetta despierta

► Tras diez años de paseo espacial, en los próximos meses la sonda Rosetta se va a encontrar por fin con su objetivo: el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko. La misión Rosetta, que tiene como principal objetivo el estudio del origen y evolución de los cuerpos primitivos del Sistema Solar, será la primera en orbitar el núcleo de un cometa y acompañarle en su recorrido hacia el Sistema Solar interno. Así, será también la primera misión que examinará de cerca la transformación de un cometa al aproximarse al Sol y que, además, realice un contacto directo con el núcleo de este a través del módulo *Philae*. Se trata de una misión de una complejidad sin precedentes, pues muchas de las maniobras de navegación y aterrizaje deben realizarse de forma automática sin el más mínimo margen de error. El IAA-CSIC ha participado en la ciencia y el diseño de dos de sus instrumentos (OSIRIS y GIADA). El pasado 20 de enero tuvo lugar la primera de las fases que continuarán hasta el encuentro de la sonda y el cometa: tras más de 900 días hibernada, Rosetta despertó.



Diez centros de investigación y once empresas españolas participarán en el diseño de SKA

Investigadores e ingenieros españoles participarán, entre otros, en el diseño de las antenas, el transporte de datos y el software de gestión y monitorización de los telescopios

► En noviembre de 2013 tuvo lugar el anuncio de los equipos responsables del diseño definitivo del Square Kilometre Array (SKA), lo que inicia una nueva etapa hacia la construcción del telescopio mayor y más sensible del mundo. Más de trescientos cincuenta científicos e ingenieros de un total de cien instituciones de dieciocho países serán los responsables de llevar a cabo la fase de diseño definitivo, que supone un desafío tanto a nivel científico como tecnológico y en la que participarán veintiún equipos españoles.

Al igual que en proyectos de similar magnitud, como el Gran Colisionador de Hadrones o los programas espaciales, el proyecto SKA ha sido dividido en diversos paquetes de trabajo, once en este caso, que serán gestionados por consorcios de expertos internacionales. Los once consorcios designados dispondrán de tres años para hallar las soluciones óptimas para el desarrollo de SKA, cuya construcción comenzará en 2017.

La financiación obtenida en esta fase es de ciento veinte millones de euros, de los que 2,5 millones proceden de instituciones españolas.

"La participación española constituye un indicador del alto nivel de los centros de investigación, universidades y empresas españolas", destaca Lourdes Verdes-Montenegro, científica del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) e investigadora principal del proyecto VIA-SKA, financiado por el MINECO y destinado a estudiar y promover la participación tecnológica española en SKA.

"En apenas dos años hemos pasado de proponer participaciones puntuales a tomar parte en casi todos los consorcios y, a falta de financiación específica, los grupos de investigación y empresas han comprometido 2,5 millones de euros de fondos de investigación propios. Se trata, sin duda, de un éxito de los equipos españoles", concluye la investigadora.

Investigadores e ingenieros españoles participarán en el diseño de las antenas, el transporte de datos, el procesamiento de señal y correlación, el software para el proceso de datos científicos y el software de gestión y monitorización del telescopio. Además, contribuirán en el abastecimiento energético de la infraestructura aportando su experiencia en energías renovables.

Los centros de investigación españo-



les involucrados en la fase de diseño son el Instituto de Física de Cantabria (IFCA-CSIC), el Departamento de Ingeniería de Comunicaciones de la Universidad de Cantabria (DICOM-UC), la Universidad Pública de Navarra (UPNA), el Laboratorio de Sistemas Integrados de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), el Observatorio Astronómico Nacional (OAN-IGN), la Universidad de Granada (UGR), el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), el Centro Nacional de Supercomputación (BSC), la Fundación Centro de Supercomputación de Castilla y León (FCSCCL) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

Las once empresas tecnológicas son: TTI norte, Anteral, DAS

Photonics, 7Solutions, ISDEFE, GTD (a través de su filial alemana GTD GmbH), CSP Sunless (Vinci ingeniería), Aora Solar Spain, Torresol Energy, Arraela e iGrid-TD.

Sobre SKA

El proyecto SKA constituye un esfuerzo internacional para construir el mayor radiotelescopio del mundo, con un kilómetro cuadrado (un millón de metros cuadrados) de área de recolección. La escala del SKA representa un enorme salto adelante en ingeniería e investigación y se traducirá en un incremento correspondiente en la capacidad científica cuando comience a operar.

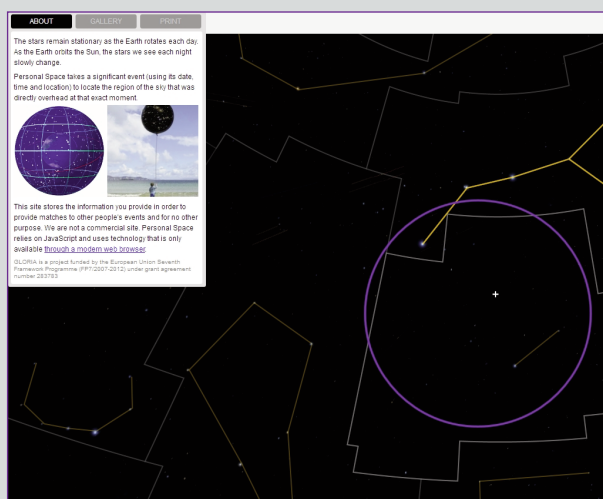
El Square Kilometre Array (SKA), la mayor infraestructura científica proyectada hasta la fecha, constituirá una revolución no solo en astronomía, sino también en geofísica, geodesia y desarrollo tecnológico.

El Proyecto GLORIA presenta *Personal Space*, una herramienta gratuita para explorar el cosmos desde el portátil

► El Proyecto GLORIA (<http://gloria-project.eu>) nació con el objetivo de acercar la astronomía a cualquiera que disponga de conexión a internet, permitiendo el uso de una red de telescopios robóticos por el gran público. También, para ofrecer la oportunidad de observar cualquier zona del universo desde nuestros hogares. Pero, con todo el cosmos a nuestra disposición: ¿dónde comenzamos?

Personal Space (<http://personal-space.eu>), que nació al abrigo de GLORIA y gracias a la colaboración entre astrónomos y la artista irlandesa E. O Boyle, ofrece la respuesta.

Con solo teclear una fecha, hora y localidad (por ejemplo, la fecha de nacimiento y el lugar del mismo) a través de la interfaz web, el usuario accederá a la zona del universo que se hallaba en lo más alto del cielo en ese lugar y en ese instante tan significativo de su vida.



NGC 3341: una fusión triple con un AGN en la galaxia enana

Observaciones en rayos X, óptico y radio apuntan a una activación del AGN debido a la interacción

► La fusión de galaxias constituye un proceso esencial en la evolución del universo: se cree que las grandes galaxias se formaron a partir de galaxias de menor tamaño, que actuaron a modo de ladrillos -de hecho, podemos ver ese proceso en la Vía Láctea, que está engullendo la galaxia enana de Canis Major-. Este tipo de interacción se conoce como fusión menor (del inglés *minor merger*) en contraposición a la fusión mayor (*major merger*), en la que colisionan dos galaxias de similar tamaño, y el estudio de sus consecuencias resulta elemental para comprender el estadio actual en el que se hallan las galaxias. Por ejemplo, se sabe que las fusiones menores afectan a la tasa formación estelar y la morfología de las galaxias, así como al crecimiento de los agujeros negros supermasivos y a su posible activación, a través del desplazamiento de gas hacia sus cercanías, para dar lugar a un núcleo activo de galaxia (AGN).

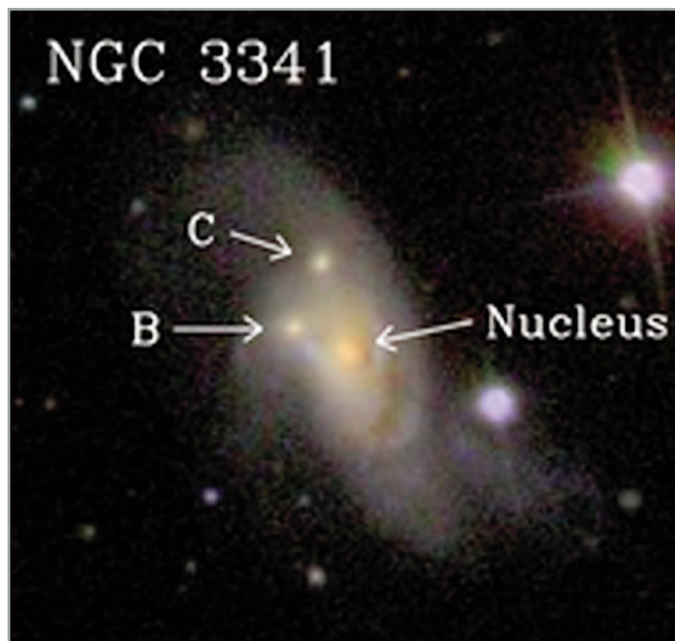
Para aportar un poco de luz sobre las fusiones menores, un grupo internacional de astrónomos, en el que participa el investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) Miguel Ángel Pérez Torres, ha realizado un estudio de NGC 3341,

un sistema triple en proceso de fusión, que incluye observaciones en buena parte del espectro electromagnético (rayos X, óptico y radio). Este objeto, que consta de una galaxia principal y dos galaxias enanas (NGC 3341B y NGC 3341C) ya inmersas en el disco de la primera, resulta interesante no solo porque constituye un ejemplo de fusión menor, sino también porque se había detectado, en la galaxia NGC 3341B, un AGN de tipo Seyfert 2 (lo que resulta poco habitual, ya que en este tipo de sistemas el núcleo activo suele hallarse en la galaxia principal).

Así, y dado que se cree que la mayoría de las galaxias alberga un agujero negro supermasivo en su núcleo -aunque en muchos casos se hallan en letargo, como el de la Vía Láctea-, cabía la posibilidad de que NGC 3341 hospedara un AGN binario (dos núcleos activos ligados gravitatoriamente) o un AGN dual (dos núcleos activos dentro del mismo disco galáctico). Ambas posibilidades resultaban excitantes, ya que se han detectado muy pocos objetos de este tipo.

Un AGN "descolocado"

Sin embargo, el análisis de los datos



en distintas frecuencias no ha arrojado evidencias de la existencia de un núcleo activo en la galaxia principal o en NGC 3341B. Aunque tampoco se descarta del todo que puedan existir, pero oscurecidos o muy débiles, los investigadores han centrado la discusión en la clara peculiaridad del sistema, que reside en el hecho de que el AGN se halle en una galaxia enana y no en la principal.

Los motivos que pueden explicar esta característica son varios. Podría ocurrir, como se sabe que ocurre en las fusiones mayores, que el agujero negro supermasivo se hallara originariamente en la galaxia principal y hubiera migrado debido a la velocidad impuesta por la fusión; también

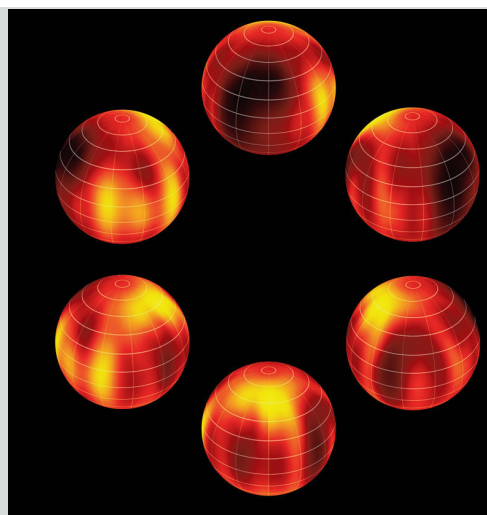
puede barajarse que la actividad en NGC 3341 sea independiente del proceso de interacción o, finalmente, que la actividad sí que haya sido en cierto sentido inducida por la misma. Dadas las características del sistema y la conocida influencia de las fusiones en la alimentación de los AGNs, los investigadores se inclinan por esta tercera posibilidad, y hacen hincapié en la necesidad de observar en detalle tanto NGC 3341 como otros objetos similares para comprender el papel de las fusiones menores, mucho más habituales que las mayores, en la activación de los AGNs y en la evolución de las grandes galaxias.

Silbia López de Lacalle (IAA)

EN BREVE:

Primer mapa meteorológico de una enana marrón

► Las enanas marrones son el eslabón entre los planetas gigantes gaseosos y las estrellas frías débiles. Las más cercanas forman una pareja llamada Luhman 16AB (oficialmente WISE J104915.57-531906), situada a seis años luz de la Tierra. El componente más débil, Luhman 16B, cambia ligeramente su brillo cada pocas horas según rota, lo que sugiere la existencia de cambios en su superficie. Ahora un equipo de astrónomos, liderados desde el Instituto Max Planck de Astronomía (Alemania) han utilizado la potencia del telescopio VLT del Observatorio Europeo Austral (ESO) para obtener imágenes de estas enanas marrones y establecer las zonas de luz y oscuridad en la superficie de Luhman 16B. "Observaciones previas sugerían que las enanas marrones pueden tener superficies moteadas, pero ahora podemos hacer un mapa", dice Ian Crossfield, autor principal del estudio, publicado en *Nature*. "Pronto seremos capaces de ver cómo se forman los patrones de nubes, cómo evolucionan y se disipan en esta enana marrón, y los exometeorólogos podrán predecir si un visitante de Luhman 16B tendrá cielos cubiertos o despejados". <http://www.eso.org/public/news/eso1404/>



La supernova de tipo Ia más cercana desde 1604

► El martes 21 de enero el astrofísico inglés Steve Fossey, en una clase práctica de observación astronómica, apuntó el telescopio a la galaxia M 82, situada a doce millones de años luz. Ante su sorpresa, aparecía una brillante y desconocida estrella: acababan de descubrir una supernova, un evento explosivo producido por la muerte de una estrella masiva.

Un día después, un grupo de astrofísicos americanos anunciaba que el espectro de la supernova indicaba que la estrella progenitora era una estrella enana blanca, lo que catalogaba la ya bautizada supernova SN 2014J como de tipo Ia.

Se trata de un hallazgo de gran relevancia dada la escasez de supernovas de este tipo (y más a cortas distancias) y a su importancia en la medición de distancias astronómicas. De hecho, el descubrimiento de la expansión acelerada del universo fue posible gracias a la observación de este tipo de supernovas.

Aquí en España, los astrofísicos Manuel Moreno-Raya (CIEMAT) y Lluís Galbany (DAS/UC, Chile) observaron con detalle la supernova y la galaxia entre el 23 y el 26 de enero usando tanto imágenes como espectros. Lo hicieron desde el Telescopio William Herschel (WHT) del Observatorio del

Roque de los Muchachos en la isla de La Palma.

Los datos fueron analizados conjuntamente con el astrofísico Ángel López-Sánchez (AAO/MQ, Australia), que combinó las imágenes y los espectros y confirmó que se trata de una supernova de tipo Ia. Destacan las bandas de absorción de hierro (Fe II y Fe III), magnesio (Mg II) y silicio (Si II).

Estos rasgos son fusiones de muchas líneas de estos elementos metálicos, que se están produciendo por la violenta explosión de supernova. De hecho, se espera que vayan cambiando con el paso de los días, dado que la concentración y la abundancia química

de cada especie va variando al convertirse unos elementos en otros y poderse observar más material proveniente del centro de la estrella muerta.

La línea del espectro que más ha llamado la atención de los investigadores es una pequeña absorción de carbono (C II) que indica que la enana blanca progenitora de la supernova estaba compuesta por carbono y oxígeno (como la mayoría de las enanas blancas), pero no es habitual observarla en los espectros de supernovas de tipo Ia. Esto indicaría que la superficie de la enana blanca no se ha quemado completamente durante la explosión.

Precisamente, el proyecto en el que participa Moreno-Raya tiene como objetivo calcular propiedades físicas y químicas de galaxias que han albergado supernovas de tipo Ia. Se trata del proyecto ESTALLIDOS, que coordina el Instituto de Astrofísica de Andalucía y en el que participan el CIEMAT, el IAC y la Universidad Autónoma de Madrid. Este proyecto estudia en detalle galaxias con brotes (estallidos) de formación estelar reciente, lo que implica estrellas masivas capaces de ionizar el medio interestelar.

La SN2014J es la supernova de tipo Ia más cercana a la Tierra desde la supernova que observó el astrónomo alemán Johannes Kepler en 1604. Esta sí sucedió en nuestra galaxia, a una distancia de veinte mil años luz, y se pudo ver incluso a simple vista.

Telescopio: Takahashi TOA-130 f/7.7 1000mm

CCD: SBIG ST2000XM

Guía: Stalight Xpress Lodestar off-axis guider, SX-AO-LF

Tiempos: Ha: 17h20 (26 tomas de 2400"), SiI: 16h

(24 tomas de 2400"), OIII: 7h20 (11 tomas de

2400"), RGB: 4h10 (50 tomas de 300").

La Cocoon Nebula, IC5146, es una nebulosa de reflexión/emisión en la constelación del Cisne. Está compuesta por un cúmulo envuelto en una nebulosa brillante y, en fotos de mayor campo, se aprecia su colocación al final de una nebulosa oscura (Barnard 168). Las fotos han sido realizadas desde la periferia de Granada, donde los filtros de banda estrecha permiten limitar el efecto de la contaminación

lumínica, al coste de perder los colores reales. En este caso, se pierde también la mayor parte de la nebulosa de reflexión, que sería de color azul y que en la foto aparece como una nube oscura que cubre las estrellas en el fondo, quedando evidente solo la parte visible por la emisión de los gases ionizados. Una serie de cortas tomas en RGB ha sido utilizada para restituir el color natural de las estrellas.

Cocoon Nebula

LA IMAGEN

Por Gian Paolo Candini (IAA)



SALA limpia

por Miguel Abril (IAA)



la respuesta:

¿Cómo se protegen los equipos, tripulaciones y naves que se lanzan al espacio?

- A. PROTECCIÓN ESTADÍSTICA: SE LANZAN MILES DE MININAVES Y ALGUNA LLEGARÁ.
- B. PROTECCIÓN DEMOCRÁTICA: SE ESCRIBEN LOS DATOS VARIAS VECES Y SE LE HACE CASO A LA MAYORÍA.
- C. PROTECCIÓN CHANTILLY: SE CUBRE LA NAVE O EQUIPOS CON UNA ESPUMA DE POLIPROPILENO ESPACIAL INYECTADO, DE CONSISTENCIA SIMILAR AL MERENGUE.
- D. PROTECCIÓN DEFLECTORA DE INSPIRACIÓN GEOMAGNÉTICA: PUES ESO.

Me dan mucha pena los que diseñan instrumentos para el espacio: viven continuamente estresados, porque no solo les afectan los recortes que todos sufrimos, sino que los de la ESA y la NASA no hacen más que ponerles limitaciones a sus cacharros. Que si esto pesa diez gramos de más, que si no te pases de estas medidas, que si el consumo es demasiado alto... La limitación en peso viene dada por el altísimo coste que implican los cohetes multifase actuales, que viene a ser de unos cinco mil dólares por kilogramo de carga útil en el caso de los Soyuz Proton.

Aun así, es casi cuatro veces menos que en las jubiladas lanzaderas espaciales, a pesar de que el programa americano se basaba en vehículos reutilizables, entre otras cosas, para reducir este tipo de costes. La situación no va a cambiar, al menos, hasta que se construya el célebre ascensor espacial del que tantos libros de ciencia ficción han hablado, y que tal vez hoy día no esté tan lejos de la realidad con el desarrollo de nuevos materiales como los nanotubos de carbono (algún día hablaremos de eso). El alto precio es una de las razones por las que muchas instituciones interesadas en investigación de alta atmósfera o espacial, pero que no pueden permitirse el gasto que supone un satélite convencional, orientan ahora sus diseños hacia sondas y vehículos con prestaciones más limitadas pero con pesos y costes

asumibles. Son los llamados micro, nano y picosatélites, cuyos pesos varían entre los cien kilos y los cien gramos. Son pequeños, sí, pero nada comparable a otros proyectos nacidos en la imaginación de científicos como Michio Kaku, que predice en su libro *La Física del Futuro* que el espectacular avance en nanotecnología que se aproxima con pasos paradójicamente grandes permitirá en un futuro no demasiado lejano utilizar verdaderos enjambres de satélites y naves del tamaño de cabezas de alfiler. Y, como unos ingenios tan pequeños serían muy sensibles a radiaciones electromagnéticas y otras agresiones

arrollo de "polvo inteligente" (buscad *smartdust* en google y veréis qué chulo), sensores del tamaño de granos de arena que serían esparcidos sobre el enemigo para controlar sus movimientos. Y también servirán para aplicaciones menos secretas, de las de no matar, en plan vigilancia del clima y cosas así.

Pero si la miniaturización de las naves es una técnica con un gran futuro, la "protección democrática" propuesta en la respuesta B es de uso habitual en sistemas aeroespaciales y otros que exijan una alta fiabilidad. Los datos críticos se escriben en tres ubicaciones diferentes y, cuando se van a utilizar, se leen todos y se comparan entre sí. En caso de que uno de ellos sea distinto, se utiliza el valor expresado por los otros dos. Por la mayoría, vamos, al más puro estilo de los antiguos griegos. Incluso la nomenclatura es intrínsecamente democrática, ya que al proceso de selección de los datos se le conoce por *voting*. Aunque tal vez fuera más acertada una analogía

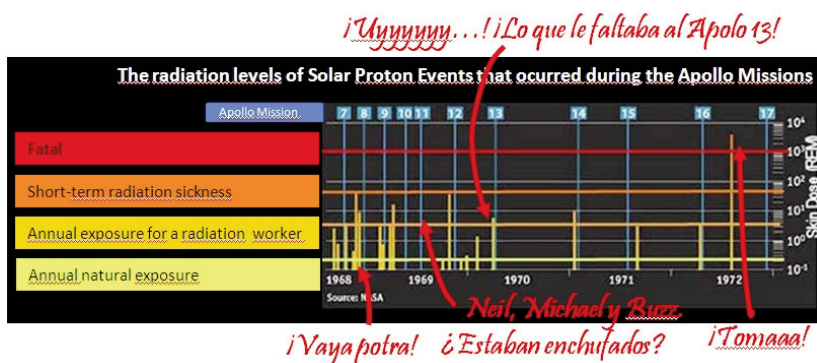
además una duplicidad completa de los sistemas de control, constituida por uno principal y otro idéntico de respaldo, que o bien opera simultáneamente al primero o bien entra en acción en caso de fallo de aquel.

Un concepto mucho más rompedor en la protección de naves espaciales es el que proponía la respuesta D. Se trata de desviar las partículas cargadas de los rayos cósmicos y viento solar estableciendo alrededor de la nave un campo magnético, de la misma forma que la magnetosfera terrestre protege, y posibilitó en sus inicios, la vida en la superficie de nuestro planeta. En realidad la idea no es nueva: al mismísimo Wernher von Braun ya se le ocurrió por los años sesenta del siglo XX, pero la descartó por problemas técnicos relacionados con los inmensos imanes que necesitaría. Actualmente la situación es distinta y, aunque siguen existiendo problemas, la idea se ha retomado con fuerza, puesto que el de la radiación es

tal vez el mayor problema que plantean los viajes tripulados a Marte que diversas agencias espaciales y empresas privadas están considerando seriamente. Un momento... Si la cosa es tan preocupante... ¿qué pasa con todos aquellos que fueron a la Luna en los sesenta y setenta sin minimagnetosferas ni chorradas de esas? Bien, aquí hay una prueba más de que en realidad no llegaron a la Luna y

que se grabó todo en un estudio de televisión... ¡¡¡Que no, que no!!! Fue simple cuestión de suerte. Sus estancias eran mucho más cortas, de solo unos diez días, y afortunadamente ninguna de las misiones Apollo coincidió con episodios de actividad solar elevada. Aunque por poco, como puede verse en la figura.

Así las cosas, parece que la respuesta falsa era la C. No hay protección chantilly. Una pena, sonaba tan dulce...



Niveles de radiación correspondientes a distintos eventos de actividad solar durante las misiones Apollo (fuente: www.minimagnetosphere.org)

externas, cualquier acción estelar implicaría el lanzamiento de millones de nanonaves con el objetivo de que algunas alcancen sus lejanos objetivos, como se proponía en la respuesta A. Es verdad, al doctor Olla siempre se le va un poco la Kaku, pero tal vez aquí no esté tan lejos de la realidad: el ejército americano ya está invirtiendo en el des-

arrollo de "polvo inteligente" (buscad *smartdust* en google y veréis qué chulo), sensores del tamaño de granos de arena que serían esparcidos sobre el enemigo para controlar sus movimientos. Y también servirán para aplicaciones menos secretas, de las de no matar, en plan vigilancia del clima y cosas así.

Pero si la miniaturización de las naves es una técnica con un gran futuro, la "protección democrática" propuesta en la respuesta B es de uso habitual en sistemas aeroespaciales y otros que exijan una alta fiabilidad. Los datos críticos se escriben en tres ubicaciones diferentes y, cuando se van a utilizar, se leen todos y se comparan entre sí. En caso de que uno de ellos sea distinto, se utiliza el valor expresado por los otros dos. Por la mayoría, vamos, al más puro estilo de los antiguos griegos. Incluso la nomenclatura es intrínsecamente democrática, ya que al proceso de selección de los datos se le conoce por *voting*. Aunque tal vez fuera más acertada una analogía

del sin par grupo de monologuistas científicos *The Big Van Theory*.

la pregunta:

Como me he quedado sin sitio para las cuatro opciones, esta vez voy a dejar respuesta libre. La pregun-

ta está relacionada con el tema del próximo número, los sistemas de almacenamiento de información. ¿Cuál es la capacidad de almacena-

miento de una bolsa de Bocabits? La mejor respuesta ganará una camiseta

del sin par grupo de monologuistas científicos *The Big Van Theory*.

LA LARGA LISTA DE ENIGMAS COMETARIOS

Pilares científicos

La historia de la astronomía cometaria puede dividirse naturalmente en cinco grandes períodos, con cada transición marcada por un nuevo e importante acontecimiento. Antes de 1600, los cometas eran generalmente vistos como presagios celestiales, o como fenómenos meteorológicos en la atmósfera terrestre. Luego siguieron dos siglos en los que básicamente se efectuaron mediciones de su posición en el cielo provocados por el impresionante descubrimiento de la ley universal de la gravitación; así se predijo el retorno del cometa 1P/Halley y el descubri-

miento de movimientos no gravitacionales del 2P/Encke. La era de la física cometaria comenzó con el paso del 1P/Halley en 1835, cuando las estructuras más brillantes visibles en la coma se describieron en detalle por primera vez. El año 1950 marcó el nacimiento de la imagen moderna de los cometas como un conjunto de objetos del Sistema Solar compuestos por hielo primordial y polvo, orbitando alrededor del Sol con períodos largos, y cuya apariencia está modelada por la interacción del núcleo con la radiación y el viento solar. Finalmente, las misiones espaciales al cometa 21P/Giacobini-Zinner en 1985, al 1P/Halley en 1986, al 9P/Tempel 1 en 2005 y al 103P/Hartley 2 en 2010 propor-

cionaron mediciones in situ y las primeras imágenes de un núcleo cometario. Gracias a estas misiones, a campañas observacionales desde tierra y a modelos numéricos muy sofisticados para explicar las medidas, hoy se sabe que los cometas son pequeños cuerpos sólidos de superficie irregular y estructura porosa constituidos principalmente por hielo de agua, monóxido de carbono (y otros hielos en proporciones mucho menores), y granos de polvo conteniendo silicatos y olivinos, entre otros. Se confirma que el núcleo, a medida que se acerca al Sol, sublima los hielos, lo que arrastra los granos de polvo y da la apariencia que ha embelesado a la Humanidad durante siglos.

Incertidumbres

Toda la belleza que despliega un cometa la produce un núcleo del que no se conoce ni la masa ni la densidad, aunque los datos apuntan a que se aproxima a unos 0,5 gramos por centímetro cúbico. Para determinar la densidad han de medirse la masa y el volumen, y tampoco ninguna de esas dos magnitudes se conocen para un cometa, y menos para la población de cometas del Sistema Solar. No disponemos de una distribución de tamaños y, por tanto, muchas preguntas sobre la formación y evolución de estos cuerpos quedan sin respuesta al desconocerse la estructura interna.

Respecto a la composición, se han detectado más de ochenta especies en la coma del cometa, pero se desconoce hasta qué punto esa variedad gaseosa refleja la variedad composicional del núcleo. Además, todas esas especies -excepto el azufre (S₂)- también existen en el medio interestelar, pero no a la inversa, y también las abundancias relativas son diferentes. Si los cometas son un "fiel reflejo" de la nube de gas y polvo que dio lugar al Sistema Solar, ¿era esta diferente a otras nubes de gas y polvo que existen en el universo? Los espectrómetros de masas a bordo de misiones a cometas han dado casi un continuo de valores de unidad de masa atómica, algunos de ellos muy elevados, pero no se ha podido aislar en especies individuales: la única conclusión reside en que la complejidad de compuestos (gas y sólidos) es tremenda.

Existen todavía líneas espectrales resultantes de observaciones de la coma que no están identificadas. ¿Qué molécula las produce? ¿qué mecanismo las causa? Pero aún en aquellos casos en que identificamos la molécula y el mecanismo, el panorama se complica porque las abundancias de estas tal y como se miden en la coma cambian con la distancia heliocéntrica por lo que resulta muy muy complicado extrapolar ese conocimiento al núcleo cometario que alberga los hielos que subliman. Y, por si fuera poco, tampoco se sabe cómo los diferentes pasos por el perihelio (punto más cercano al Sol en la órbita del cometa) afectan a la evolución de los hielos en la superficie y subsuperficie del núcleo.

Pero ¡no todo es gas!! También hay material sólido (granos de polvo) cuya composición se conoce a grandes rasgos: olivino cristalino, olivino rico en magnesio, olivino amorfo y piroxenos. No podemos explicar la diferencia, entre un cometa y otro, en la presencia de olivino cristalino versus el amorfo: ¿qué causa esa variación de cometa a cometa? ¿cuántos de esos granos son del medio interestelar y qué condiciones existían cuando condensaron en el disco protoplanetario?

Y si ahora pasamos a escalas mayores, aunque se conoce bastante bien la evolución orbital de los cometas, no se sabe por ejemplo por qué, a igualdad de tamaño, los asteroides rotan más despacio que los núcleos cometarios. La explicación podría hallarse en el efecto de torque que la sublimación de hielos produce en el momento

angular del núcleo cometario. Siguiendo con la evolución orbital, aunque se puede vislumbrar que los cometas de corto período terminarán por agotar su reserva de hielo y dejar de ser activos, los cometas dinámicamente nuevos (recién llegados de la nube de Oort) pueden romperse por explosiones de actividad, como un "despezeamiento" fatal, más que por su cercanía al Sol (como los sungrazers, que son "la crónica de una muerte anunciada" porque su órbita los aboca a sumergirse en el fiero Sol). Cuando se presencia este tipo de rupturas de núcleos cometarios, surge una pregunta natural: ¿cómo de cohesionados están los materiales en ese núcleo de densidad 0,5 gramos por centímetro cúbico ciertamente poroso? ¿cuál es el grado de porosidad? ¿cuál es la conductividad térmica que permite o impide el calentamiento de la superficie y subsuperficie, que al final puede o no determinar la actividad o un final fatídico como la fragmentación? Ha habido varias fragmentaciones de cometas observadas "en tiempo real", como la del cometa D/Shoemaker-Levy 9, que se desintegró por efecto de las fuerzas de marea de Júpiter, pero no se sabe qué le ocurrió a C/1996 B2 Hyakutake o C/1999 S4 LINEAR o C/1996 Q1 Tabur. Y, para terminar, porque hay que terminar este artículo, no se sabe si el agua de los océanos de la Tierra la trajeron los cometas o los asteroides, y recordemos al lector el papel crucial que el agua líquida juega en el origen de la vida en este "pequeño punto azul pálido" (como dijo Carl Sagan) del universo.

AGENDA

■ ■ ■ <http://www-divulgacion.iaa.es/ciclo-lucas-lara>

CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA. CICLO LUCAS LARA

| | | |
|--------|-----------------------------|--|
| 27 feb | Luisa Lara (IAA) | La misión Rosetta y el cometa 67P viajan juntos hacia el Sol |
| 27 mar | Enrique Pérez Montero (IAA) | La astronomía, ¿una ciencia visual? |



LOS VÍDEOS DE LAS SESIONES ANTERIORES ESTÁN DISPONIBLES EN: <http://www-divulgacion.iaa.es/ciclo-lucas-lara>

CONGRESO ESTATAL DE ASTRONOMÍA

El Congreso Estatal de Astronomía (CEA) es una reunión que, aproximadamente cada dos años, congrega a las agrupaciones de astrónomos amateur de España con el objetivo de poner en común los trabajos, experiencias y últimos avances realizados en el campo de la divulgación e investigación de la astronomía y ciencias afines, buscando la coordinación de esfuerzos entre las entidades amateur, y trazar líneas de colaboración con la astronomía profesional.

La Red Andaluza de Astronomía (RAaA) organiza el XXI Congreso Estatal de Astronomía, cuya sede será la ciudad de Granada. Se desarrollará en el Parque de las Ciencias del 1 al 4 de mayo del 2014.



<http://congresoestataldeast.wix.com/xxi-congreso-estatal>

RECOMENDADOS

DIVULGACIÓN IAA

<http://radioscopio.iaa.es>

El Radioscopio es un programa de divulgación científica realizado y producido desde Canal Sur Radio en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Andalucía. Presentado y dirigido por Susana Escudero (RTVA) y Emilio J. García (IAA), este programa aborda la divulgación de la ciencia con humor y desde una perspectiva original y rigurosa.



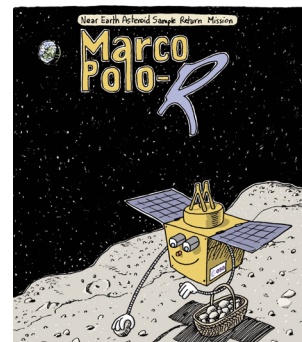
<http://henrietta.iaa.es>

¿Cómo divulgaría ciencia un personaje histórico si dispusiera de las herramientas con las que contamos hoy día? Esta pregunta se halla en la base del un proyecto de divulgación del IAA que protagonizan Nikola Tesla y Henrietta Leavitt. Ya están disponibles todos los vídeos de Tesla en teslablog.iaa.es y casi toda la serie de Henrietta.

CÓMO SE GESTA UNA MISIÓN ESPACIAL, EN CÓMIC

MarcoPolo-R es una misión en fase de estudio de la Agencia Espacial Europea (ESA) que visitará, si es elegida, un Asteroide cercano a la Tierra (NEA) para recoger muestras y traerlas de regreso. MarcoPolo-R pertenece al programa de la ESA llamado "Cosmic Vision" y compite con otras cuatro misiones. De ser seleccionada, MarcoPolo-R se lanzaría entre el 2022 y el 2024.

El cómic cuenta la aventura de MarcoPolo-R, desde el estudio industrial inicial, la selección de instrumentos para la misión y el por qué del nombre de MarcoPolo. Se relata cómo se construirá la nave espacial, cómo se lanzará y alcanzará su órbita interplanetaria, así como todo lo referente a la recogida de muestras del asteroide y cómo será su regreso a la Tierra. El robot descubre las dificultades que se puede encontrar durante su aventura a través del estudio de viabilidad de la misión, que incluye un cambio en el asteroide seleccionado.



https://www-n.oqa.eu/MarcoPolo-R//Cartoon/MarcoPolo-R_Cartoon.html

CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS

El IAA organiza mensualmente charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados. Pueden obtener más información en la página Web del instituto o contactando con Emilio J. García (Tel.: 958 12 13 11; e-mail: garcia@iaa.es).

